ORESTE SCACCHI

MUSICA ELETTRONICA

E.T.L. EDITORE

ORESTE SCACCHI

MUSICA ELETTRONICA

E.T.L. EDITORE

a Margherita De Donato,
pianista.

PREFAZIONE

Di musica si parla da sempre. Oggi come ieri. Bach, Porter, Miller, Baez, ciascuno a modo suo, hanno fatto musica. Se il pentagramma è stato di tutti, le note hanno individuato e personalizzato il pensiero musicale. Così come lo strumento scelto. Il mezzo tecnico, dal cembalo al più sofisticato organo elettronico, ha accompagnato il genio, l'ispirazione, il passaggio tematico, il senso musicale.
Oggi c'è ancora la musica, ed anche l'elettronica, con i transistor ed i circuiti integrati. Gli strumenti musicali tradizionali, pur sempre validi, non bastano più. Sono nati i sintetizzatori, gli equalizzatori, i mixer. La musica è anche elettronica, le note sempre quelle.
Il mondo musicale che qui presentiamo è fatto, appunto, anche di elettronica. Non quella di Houston, o del Mare della Tranquillità, o del Viking. E' l'elettronica che si traduce in musica, quella che permette la costruzione di apparecchi nuovi, semplici, di facile realizzazione. Interesse, attenzione, sperimentazione, collaudo, pochi soldini, permettono di comporre simpatici circuiti, piccolissimi integrati in una unità che può anche sorprendere il dilettante come l'appassionato di effetti sonori. Con le nostre mani realizziamo qualcosa che è un piccolo segreto, e che possiamo usare in tanti modi: l'elettronica insegna sempre
Ci siamo sforzati, nei nostri limiti, di essere semplici, pratici; la varietà dei progetti e delle loro utilizzazioni soddisferà, speriamo, quella fascia giovanile di appassionati per i quali l'elettronica è soprattutto un hobby, una esperienza. Non necessariamente uno studio, certamente uno svago. Una curiosità, ci auguriamo, per impegni maggiori. Questo libro è per i curiosi degli effetti, gli ascoltatori della sintesi elettronica, gli sperimentatori.
Nelle pagine che presentiamo si riconosceranno i giovani di oggi, quelli della età elettrica, della società tecnotronica. I giovani che comunque non rinunciano alla musica come poesia della vita.

Alberto Magrone

INTRODUZIONE

Musica ed elettronica hanno percorso due lunghe strade parallele, nel corso dei secoli; la prima, che trae le sue origini dalla primordiale, inconscia volontà dell'uomo di sonorizzare, dar corpo fisico a sensazioni astratte, collettivizzandole, ha seguito la sua lunga via evolutiva lentamente, passando da sonorità essenziali e rarefatte ad altre, più complesse e descrittive, per poi tornare alla rarefazione iniziale attraverso un costante progresso tecnico degli strumenti atti alla produzione dei suoni.

La seconda è giunta ad oggi, invece, attraverso un itinerario segreto, quasi in incognito, trasformandosi: magnetismo, elettricità, elettrotecnica, fino alla rivelazione di un nuovo microcosmo: la valvola, il transistor, l'integrato, l'energia nascosta in pochi micron, nuovi orizzonti per l'uomo e la sua capacità di comunicare. L'incontro fra queste due strade, l'improvvisa convergenza di queste vie parallele, viene ufficialmente datato a circa venticinque anni fa, ma sappiamo bene che non esistono convergenze improvvise.

È chiaro cioè che, se a questo connubio si è potuti giungere, ciò è dovuto all'opera congiunta, anche se indipendente ed inconsapevole, di più ricercatori, nell'uno come nell'altro campo. Non si sarebbe potuti giungere a questo incontro senza Edison, senza De Forest e la valvola termoionica da una parte; e senza i fautori di una musica nuova, i dodecafonici, i futuristi dall'altra. Eppure, che a questo risultato si dovesse giungere, era scritto nella natura stessa dell'uomo e del mondo nel quale l'uomo vive; non poteva essere possibile, per una mente così « totale », inserita in un con-

testo altrettanto « totale », l'accontentarsi dei cinque, poi dei sette, poi ancora dei dodici suoni, così gravemente limitativi nei confronti di un universo espressivo tanto vasto. Il suono è unico ed infinito, non delimitabile da geometriche tastiere o fredde corde. Il suono, la musica, è un grido iridescente i cui soli confini coincidono con i confini stessi della natura umana. Diciamo natura per non relegare il concetto di musica nell'ambito angusto dell'udibilità; il suono, la musica, supera questa barriera, penetra in ben altri recessi che non le sole orecchie.

L'elettronica ha reso possibile questo: la disgregazione del vecchio mondo musicale, delle sue limitazioni, delle sue superate basi teoretiche, per portare l'uomo alla rappresentazione più vasta possibile del suo proprio universo sonoro, e per converso alla comprensione più estesa possibile dello stesso. Non poteva d'altronde essere altrimenti. La tecnologia moderna, a tutti i livelli, ci ha fatto da tempo superare le barriere acustiche del passato. Nuove sonorità, inizialmente intese soltanto come figlie della tecnologia, i motori, le onde radio, i crepitii e le esplosioni, non potevano non modificare le nostre concezioni, i nostri stessi bisogni musicali. È perciò quindi che la tecnologia, dopo aver modificato il nostro substrato biologico, viene dallo stesso digerita, assimilata, strumentalizzata per quei fini e quelle esigenze che la nostra nuova composizione biologica ora, inesorabilmente, richiede. Per questo appunto (e per altro ancora, celato forse nel nostro stesso destino) che l'elettronica, la figlia più sofisticata della tecnologia da noi creata, diventa strumento idoneo a rappresentare la completezza della nostra nuova dimensione sensoriale.

Come per molte altre scoperte ed innovazioni, anche per quanto riguarda la musica elettronica è stata indispensabile l'opera di alcuni precursori, i più importanti dei quali vogliamo ricordare qui di seguito. Soltanto grazie a questa lunga serie di scoperte troveranno origine la musica concreta e la musica elettronica.

Dobbiamo risalire agli ultimi due decenni del secolo scorso per trovare l'invenzione che renderà possibile successivi sviluppi: il fonografo a cilindri o a rulli, di Edison e di Berliner. Sempre verso la fine del secolo, ancora in America, Cahill idea e brevetta i pentagrammi sonori. L'antenato del registratore magnetico, il « Telegraphone » di Poulsen, nasce in Danimarca in quegli stessi anni.

Nei primi anni del nostro secolo le scoperte in questo campo si moltiplicano. Nasce il primo oscillatore di bassa frequenza, la prima valvola termoionica. Sempre negli Stati Uniti, Cahill prosegue le sue ricerche ed inventa il Telharmonium. Intanto, anche musicisti italiani cominciano ad interessarsi, con entusiasmo, a questi nuovi

sviluppi: citiamo fra tutti Ferruccio Busoni. Giungiamo agli anni del futurismo, che trova aderenti anche in campo musicale. Nel 1914, a Milano, viene tenuto il primo concerto con l'intonarumori di Luigi Russolo: era questo uno strumento acustico che produceva meccanicamente svariati rumori che venivano poi amplificati per mezzo di alcuni megafoni.

Intanto, musicisti statunitensi, francesi, tedeschi cominciano ad auspicare, ed in alcuni casi a realizzare direttamente, nuovi strumenti che diano nuove sonorità. Citiamo Edgar Varèse, che per primo fu favorevole ad una stretta collaborazione fra compositori e tecnici; Darius Milhaud, che effettuò esperimenti di trasformazione del suono mediante il fonografo; Antheil, che nello spartito del suo Ballet Mécanique inserì partiture per incudini, seghe, trombe d'automobile e motori d'aeroplano. In Germania nascono a getto continuo nuovi strumenti musicali elettronici: l'« Elektrophon », il « Kaleidophon », il « Trautonium ». Nascono le prime colonne sonore per film e, sempre alla fine degli anni '20, in America Laurens Hammond inizia la costruzione dei suoi strumenti musicali elettronici: l'« Organo Hammond », il « Solovox », il « Novachord ». In quegli stessi anni nasce l'antenato degli attuali sintetizzatori musicali: si tratta di un apparecchio costituito da quattro oscillatori elettronici comandati da rulli di carta perforata.

Musicisti come Schillinger, Honegger, Hindemith iniziano a comporre musica espressamente per strumenti elettronici, mentre parallelamente si sviluppano gli studi sul « suono disegnato » e su altre tecniche sonore. Nel 1935, in Germania, viene costruito il primo registratore a nastro magnetico; in Unione Sovietica vengono compiuti esperimenti con i « Variophones », apparecchi che utilizzano immagini grafiche riportate su una pellicola, e che precorrono la sintetizzazione dei suoni fotoelettrici.

Fra il 1939 ed il 1942, negli Stati Uniti, John Cage realizza registrazioni di suoi concerti che prevedono l'utilizzazione di pianoforti modificati, percussioni, giradischi a velocità variabile, oscillatori a bassa frequenza, barattoli, molle amplificate e altri strumenti eterodossi. Negli anni immediatamente seguenti vengono realizzate apparecchiature per « musica libera » comprendenti oscillatori audio e sistemi di sincronizzazione, e viene ideato un sintetizzatore a schede perforate. Nel 1948, Pierre Schaeffer realizza i primi lavori di musica concreta: il suo primo brano, « Etude aux chemins de fer », dura tre minuti, ed è totalmente « ferroviario »: fischi di locomotive, sbuffi di vapore, sferragliare di ruote sulle rotaie.

A poco a poco eccoci ai giorni nostri. Anno di grazia 1976, tra ventiquattro anni è già il mitico Duemila. I Beatles, era ora, si

accingono a suonare nelle Russie comuniste; in tutti i negozi del mondo si moltiplicano le vetrine dedicate agli apparecchi della musica elettronica...

« Il descrivere è della pittura. Anche la poesia può, sotto questo aspetto, chiamarsi fortunata in confronto della musica e il suo dominio non è limitato come il mio; ma, in compenso, il mio si estende più lontano in altre regioni... ». Aveva forse immaginato Beethoven (il brano sopra è tratto da una lettera a W. Gerhard) che un giorno (oggi) si sarebbe potuto scrivere congiuntamente di note musicali e di transistors? Elettronica e musica: sino a poco fa il più innovatore dei critici della scienza dell'armonia non avrebbe scommesso granché sulla possibilità di trar fuori una sola nota da qualche frammento sia pur drogato di germanio o di silicio collegato qua e là con alcuni fili di rame ad una pila. Ebbene il miracolo che avrebbe meravigliato certamente anche il grande infermo (Beethoven, forse il più grande compositore di tutti i tempi, era sordo!) s'è compiuto. Ostinatamente decine di scienziati e di tecnici son stati per anni a giocherellare, si fa per dire, con generatori, amplificatori, filtri; migliaia di esperimenti e di esami di laboratorio; quindi i primi timidi exploit di questo o di quel complessino musicale con strumentazione elettronica. Poi, ecco, il mercato che conta si impadronisce del fenomeno e subito a fiumi son chitarre, organi, batterie, pianoforti tutti squisitamente elettronici. Infine, a colmare la misura, le note programmate dai calcolatori elettronici che diventano i Beethoven, i List del nostro tempo.

Leggiamo dunque insieme di piccoli organi elettronici, di sistemi automatici d'accompagnamento, di sintetizzazione elettronica del suono. Proviamo anche a costruire direttamente con le nostre mani qualche piccolo apparecchio: la musica elettronica è divertente, interessante, facile.

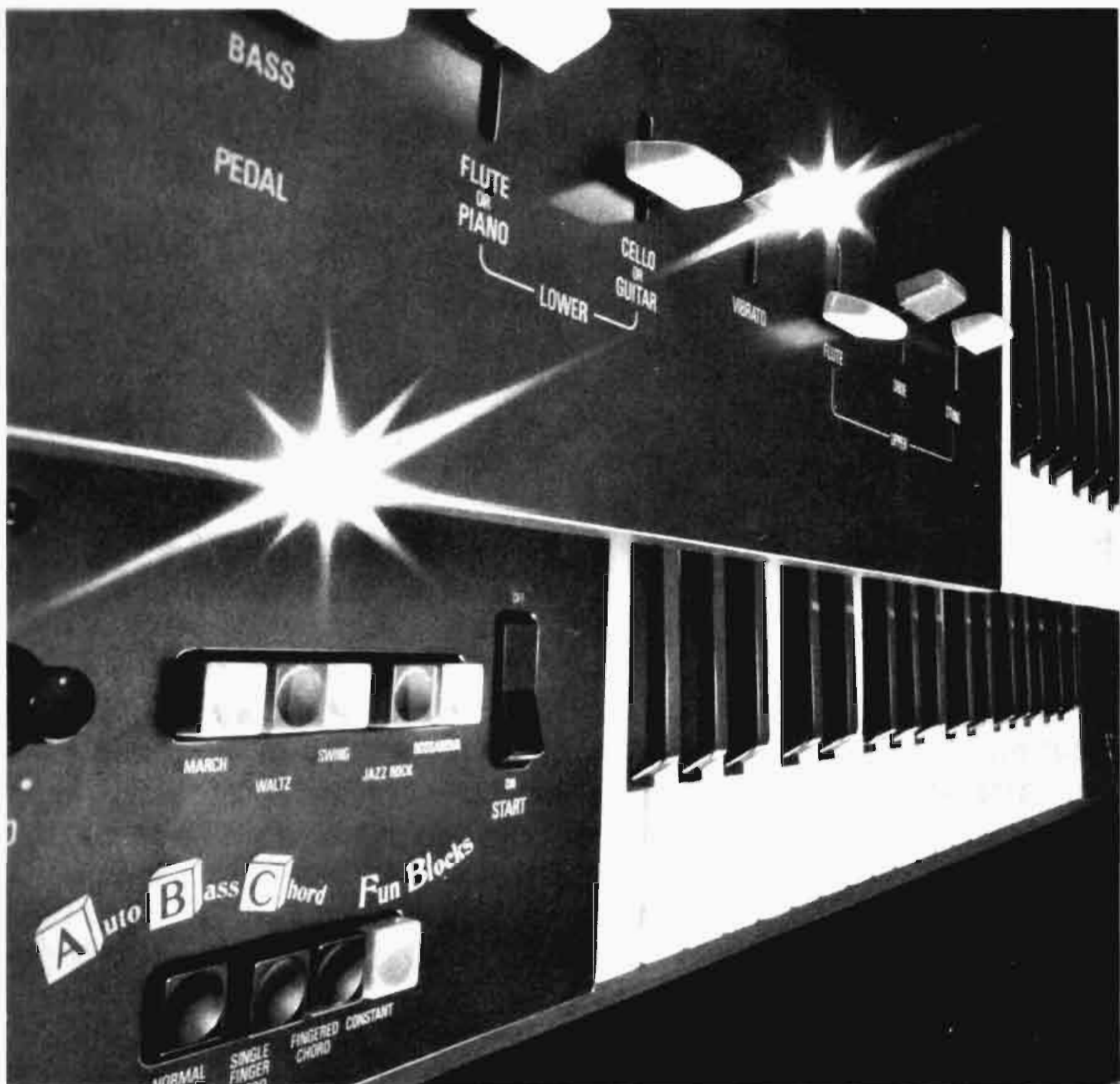
PICCOLI ORGANI

Iniziamo il nostro studio dagli strumenti più semplici, i quali costituiscono comunque l'ossatura fondamentale di strumenti ben più complessi. A voler essere esatti, la definizione « organo » non è in questo caso molto giustificata. Si tratta di strumenti spesso portatili, leggeri, economici, dotati di una tastiera standard dalle 3 alle 5 ottave. Questi apparecchi sono totalmente autonomi ed imitano generalmente una mezza dozzina di strumenti classici di tipo diverso. Si tratta di apparecchi maneggevoli per eccellenza, robusti e specialmente indicati per ragazzi alle prime armi, o come prima tappa verso strumenti più complessi. In ogni caso, questi « organi » non devono venir confusi con certi strumenti musicali elettrici, che altro non sono che apparecchi a lamine vibranti (come l'armonica) nei quali l'aria è generata da una piccola soffieria elettrica. In un piccolo organo distinguiamo molto bene la tastiera, di tipo normale, qualche commutatore che permette di cambiare il timbro sonoro, una manopola di regolazione della potenza.

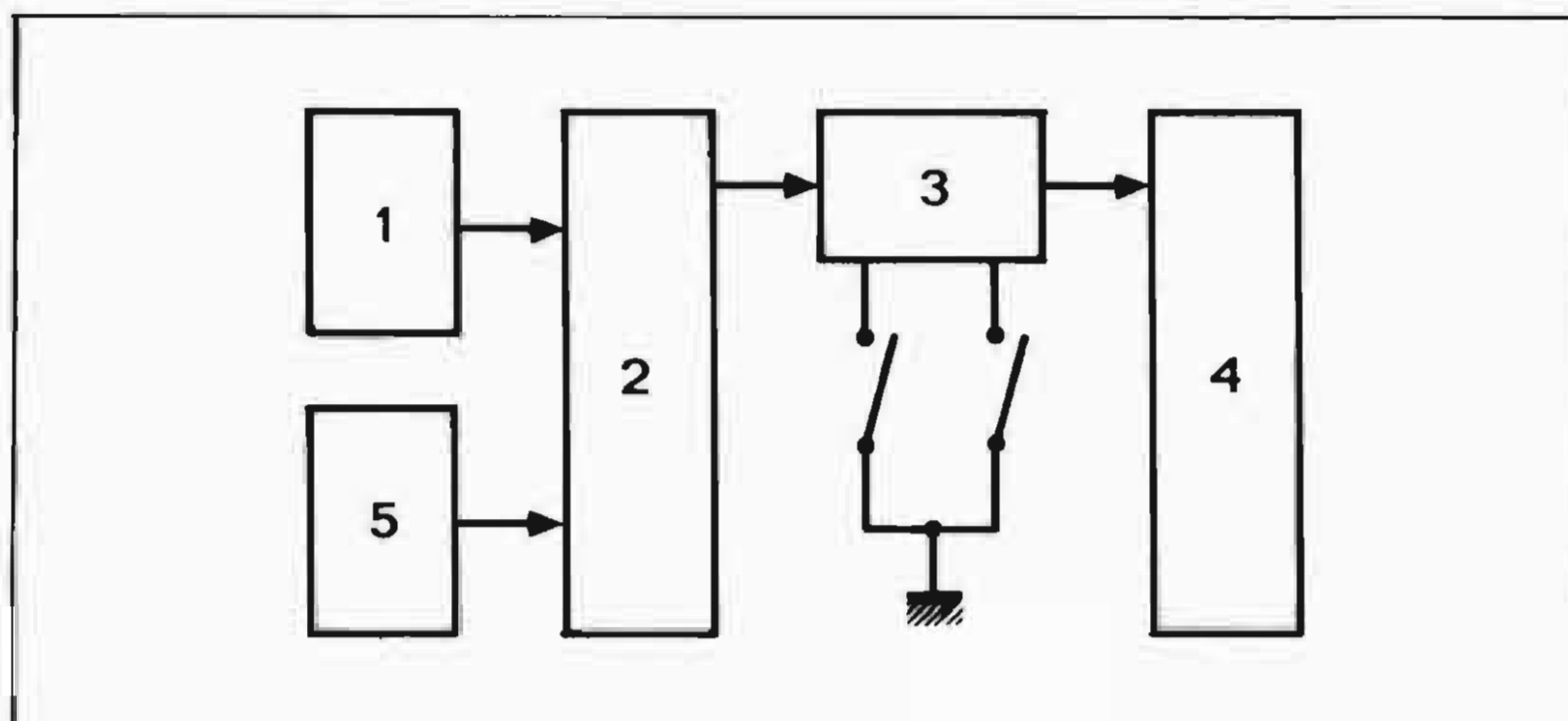
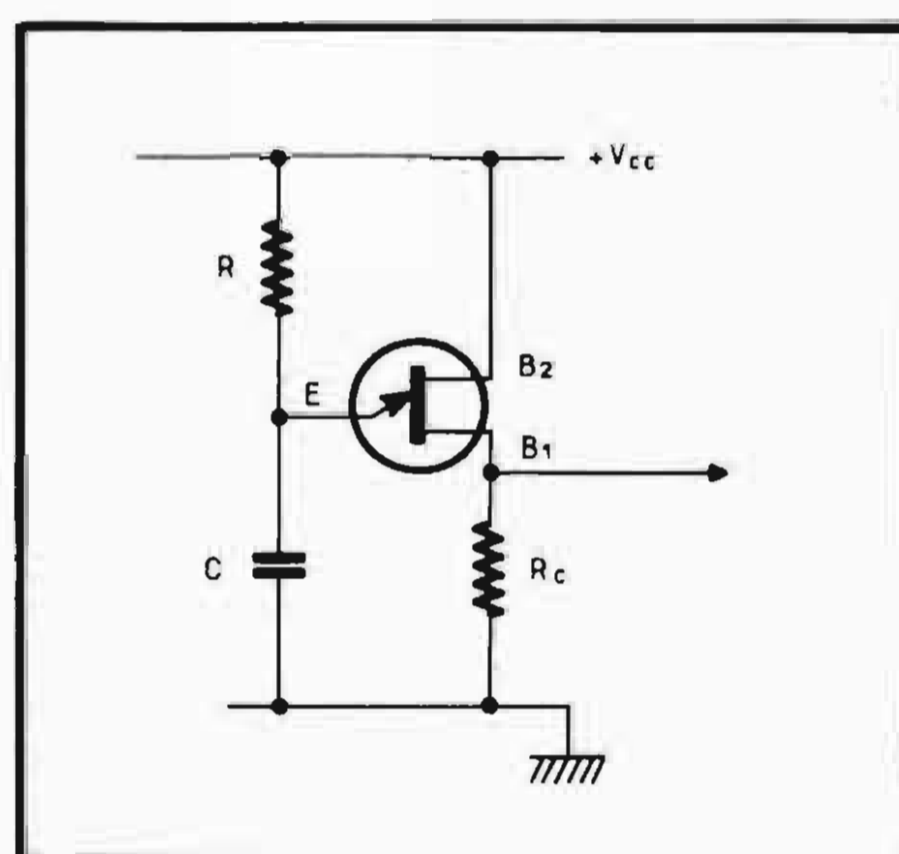
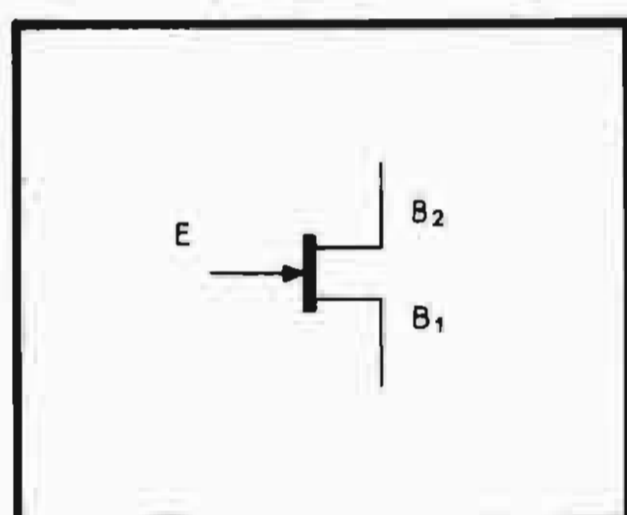
A terra, un pedale (facoltativo ma senz'altro opportuno) che permette di colorire il brano interpretato col variare della potenza del suono. Amplificatore ed altoparlante sono incorporati nell'apparecchio. Questo strumento è polifonico: mutando la posizione di diversi pulsanti è possibile realizzare accordi differenti.

Prima di iniziare lo studio di un apparecchio polifonico, prendiamo contatto con la musica elettronica sulla base di un piccolo montaggio semplice.

Per fare della musica, cosa ci occorre? Prima di tutto, un oscillatore in grado di fornirci oscillazioni la cui frequenza si possa si-

tuare nel campo dei suoni udibili. Se parliamo di un apparecchio « monodico » (si suona cioè una sola nota per volta), è sufficiente che questo oscillatore possa coprire le ottave di cui necessitiamo.

L'oscillatore genera un segnale che spesso non è gradevole all'orecchio. D'altra parte, noi possiamo cambiare la sonorità. Per ottenere ciò, ci occorre un circuito che chiameremo « circuito di timbri ». In seguito, trattandosi di un segnale debole, occorre che noi lo si amplifichi.

Cos'altro ci occorre? Una tastiera, o dei pulsanti a pressione che possano servire da tasti. È tutto (come il nostro schema ci illustra), il senso delle frecce indica la progressione del segnale. I commutatori A e B permettono di cambiare la sonorità dell'apparecchio. Una sorgente di tensione (ad esempio batterie) alimenta il tutto.

Realizzazione pratica. Prenderemo i circuiti più semplici che esistono. Vedremo in seguito altri tipi di circuiti più complessi.

Schema logico di un piccolo organo: 1. tastiera, 2. oscillatore, 3. circuito timbri, 4. amplificatore, 5. alimentazione. A destra un oscillatore con transistor UJT. Dalla base B1 si prelevano i segnali.

L'oscillatore

Occorre lavorare in bassa frequenza. Supponiamo che si vogliano coprire due ottave, per esempio da 261,6 Hz a 1046,5 Hz. Un mezzo molto semplice per realizzare questo oscillatore consiste nel prendere un transistor unipolare il cui simbolo è in figura. Si tratta di un transistor un po' speciale, dotato di due basi B1 e B2 e di un emittore E.

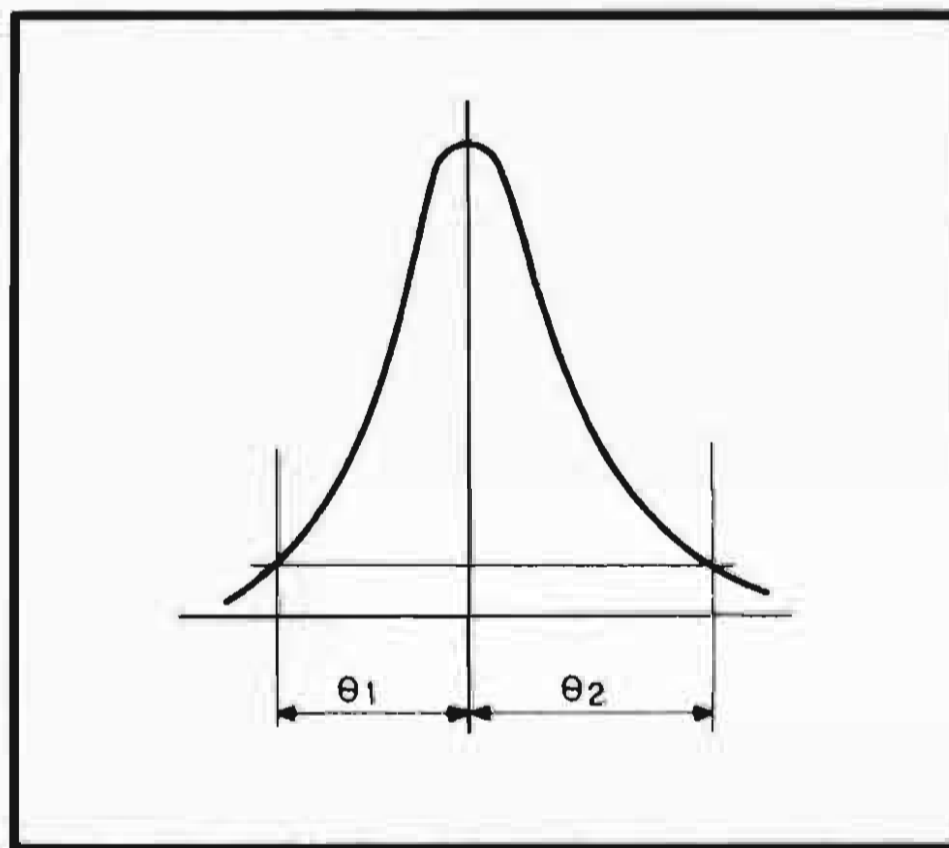
Il suo funzionamento è semplice. Realizziamo quindi il montaggio illustrato. Abbiamo un oscillatore che ha, attorno al transistor, 2 resistenze ed 1 condensatore. Cosa succede, dunque? Alla messa in tensione immaginiamo che il condensatore C sia scarico; il suo potenziale nullo, la tensione VB 1 massa nulla, il transistor bloccato. Non passando alcuna corrente (tranne una debole corrente di fuga) per l'emittore del transistor, il condensatore C si carica tramite la resistenza R con una costante di tempo RC. Quan-

do la tensione VEM (tensione d'emittore in rapporto alla massa) uguale alla tensione ai capi del condensatore, raggiunge la tensione di picco del transistor (circa 3 V), questo inizia bruscamente a condurre, e il condensatore si scarica rapidamente attraverso la resistenza di carico Rc. Poi, il transistor torna a bloccarsi, ed il ciclo ricomincia. Abbiamo così un oscillatore. Qual'è la forma dei segnali? Ai capi della resistenza Rc abbiamo un impulso positivo ogni volta che il transistor passa in conduzione. Questo impulso durerà il tempo necessario al condensatore per scaricarsi.

$\theta 1$ è il tempo di stabilizzazione della conduzione (è una costante del transistor). $\theta 2$ è il tempo di scarica del condensatore C attraverso la resistenza Rc.

Si tratta qui di un segnale a bassa impedenza la cui larghezza (durata dell'impulso) è debole rispetto al periodo. Ai capi del condensatore possiamo disporre di una « rampa », o segnale a dente di sega. Questo segnale è ad alta impedenza: dobbiamo caricare il meno possibile il tratto R-C. Si tratta di un segnale molto interessante, in quanto assai ricco di armoniche.

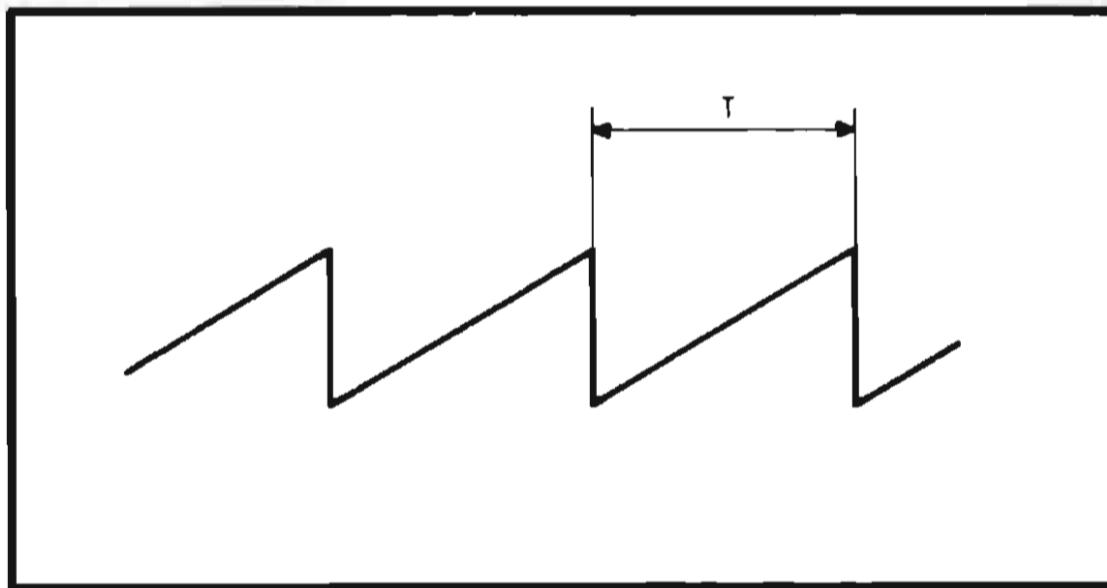
È dunque questo il segnale che utilizzeremo per le nostre applicazioni.

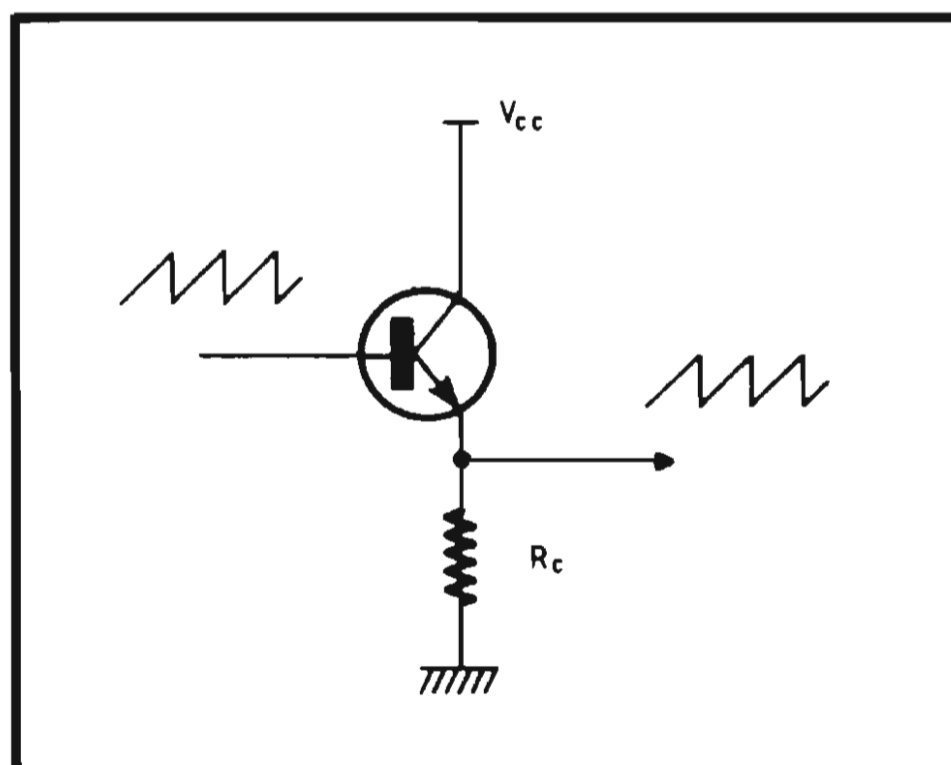
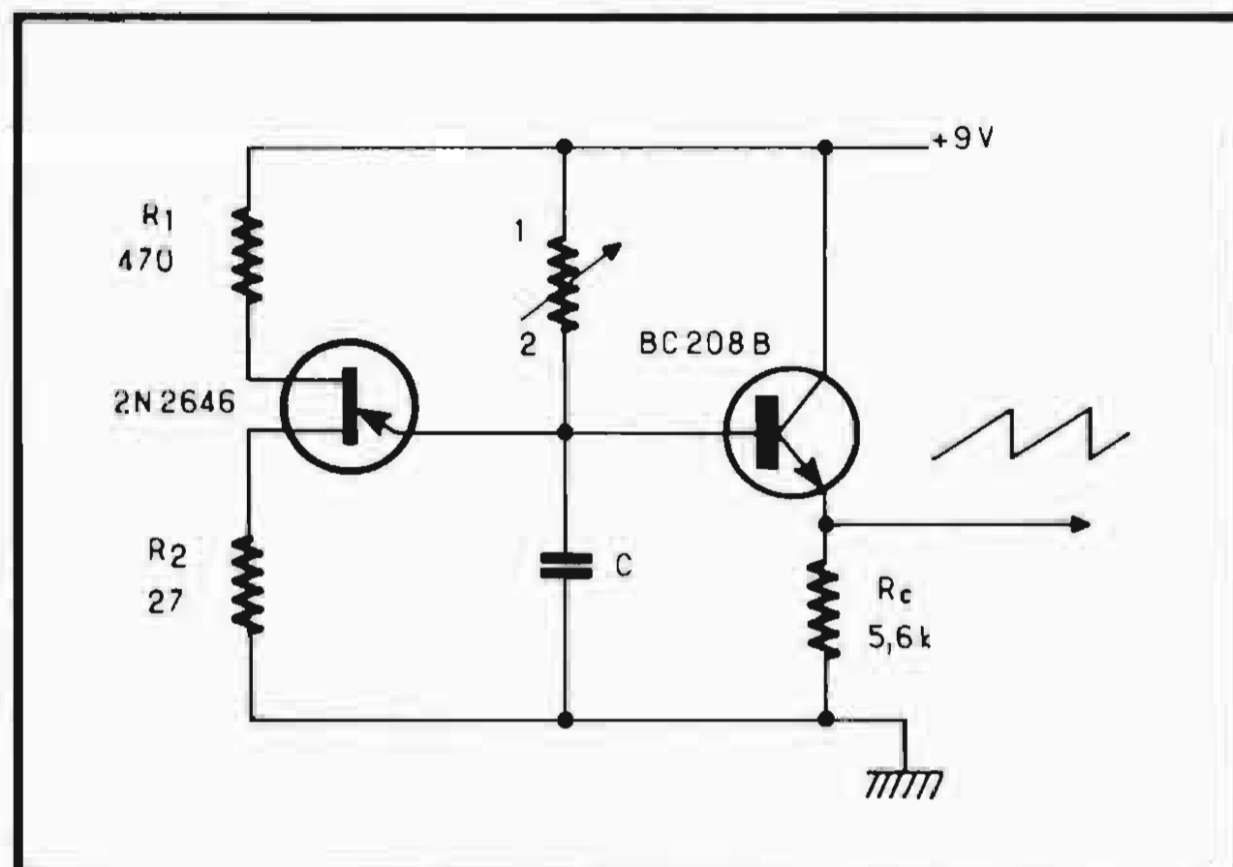
Tipico segnale prodotto da un oscillatore a transistor UJT. I tempi $\theta 1$ e $\theta 2$ sono in generale diversi.

Dunque, riassumiamo: abbiamo un oscillatore in grado di fornire segnali a dente di sega, ma in alta impedenza. Dobbiamo quindi studiare un adattamento per passare in bassa impedenza. Utilizziamo il montaggio classico di un transistor montato in collettore comune: in questo caso il transistor lavora come amplificatore di corrente. Ai terminali della resistenza di carico Rc abbiamo l'esatta riproduzione del dente di sega applicato alla base del transistor, ma sotto impedenza debole. Con un montaggio di questo

tipo non caricheremo più il tratto R-C, perché la impedenza d'ingresso è βRc.

Se Rc = 1 kOhm, β = 100, l'impedenza d'entrata è di 100 kOhm (essendo evidentemente β il guadagno del transistor). Consideriamo ora lo schema completo.

Constatiamo la presenza di una resistenza supplementare R1 nel circuito di base B2 del transistor. Senza troppo entrare nei dettagli, segnaliamo che questa resistenza è necessaria per limitare la corrente base nel transistor e, d'altronde, la migliore stabilità termica la si ottiene con tale rapporto di resistenze R1/R2. Il valore del condensatore C dipende dalla frequenza da ottenere, ed anche dalla resistenza R. Basta variare uno solo di questi due elementi per far variare la frequenza generata dall'oscillatore. Poiché è più agevole far variare una resistenza piuttosto che un condensatore (non esistono condensatori variabili di valore elevato) considereremo C fisso (C = 47 nF per coprire la gamma da 261,6 Hz a 1046,5 Hz) e R variabile.

Il transistor principale potrà essere, per esempio, un 2N 2646, e il transistor d'uscita un BC 208 B, a bassa frequenza.

Segnale a dente di sega altrimenti chiamato rampa, disponibile ai capi del condensatore (vedi schema a pag. 15).

Amplificatore con transistor a collettore comune. L'impedenza di uscita è di pochi ohm.

Oscillatore completo. La tensione in uscita è quella a dente di sega presente ai capi del condensatore ma amplificata. La resistenza variabile decide la frequenza.

La tastiera

Ad ogni nota corrisponde un valore della resistenza R. Più la nota è acuta, più la frequenza è elevata, dunque più la costante di tempo RC deve essere debole, e di conseguenza anche R. Dobbiamo quindi commutare resistenze di differenti valori. Sia che si adoperi una tastiera standard, sia che si adoperi un sistema di pulsanti, occorre disporre di un contatto per ogni tasto o pulsante.

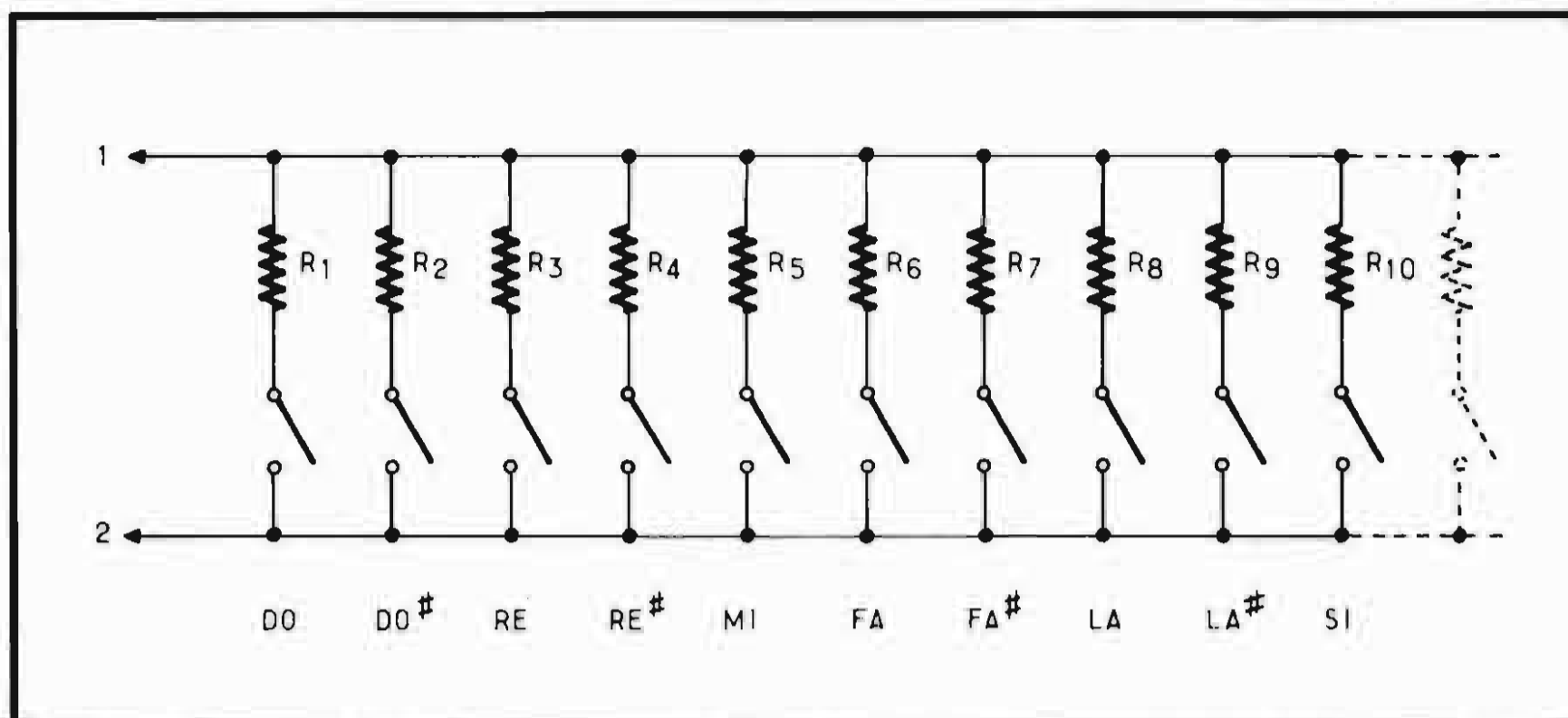
R1 è la resistenza di valore maggiore, R10 quella di valore minore. Si può anche fare un montaggio in serie, ma il montaggio in parallelo è senza dubbio meno difficile, dal momento che un lato di ogni interruttore è in comune.

R1, R2... R10... potranno anche essere delle resistenze variabili che verranno regolate, una volta per tutte, prima dell'assemblaggio dell'apparecchio.

Il circuito dei timbri

Qui è possibile dare libero sfogo alla propria fantasia. Esistono innumerevoli sonorità possibili; alcune le si può ottenere in modo semplice, altre no.

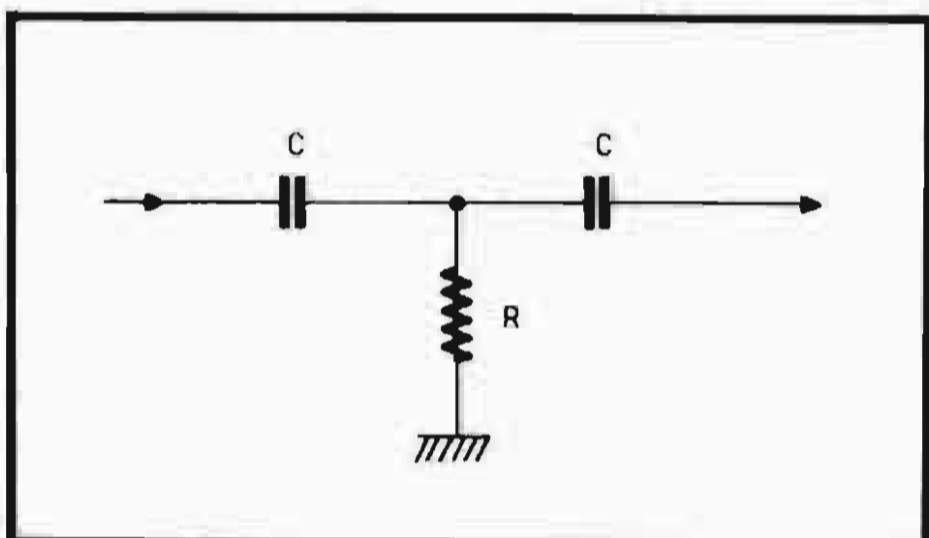
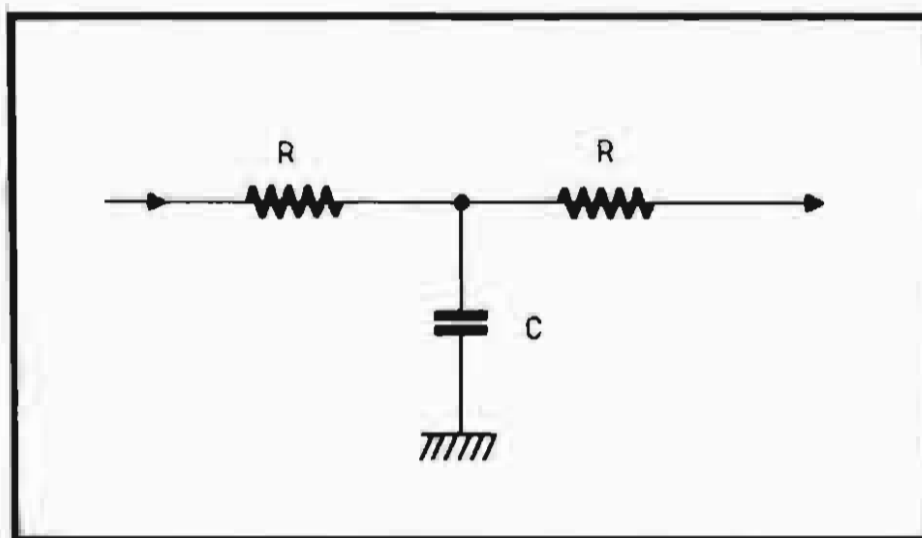
Già il nostro segnale a dente di sega dà di per se stesso una sonorità. Per ottenerne altre, occorre modificare la forma di questo segnale. Per fare ciò, utilizziamo due semplici circuiti di base:

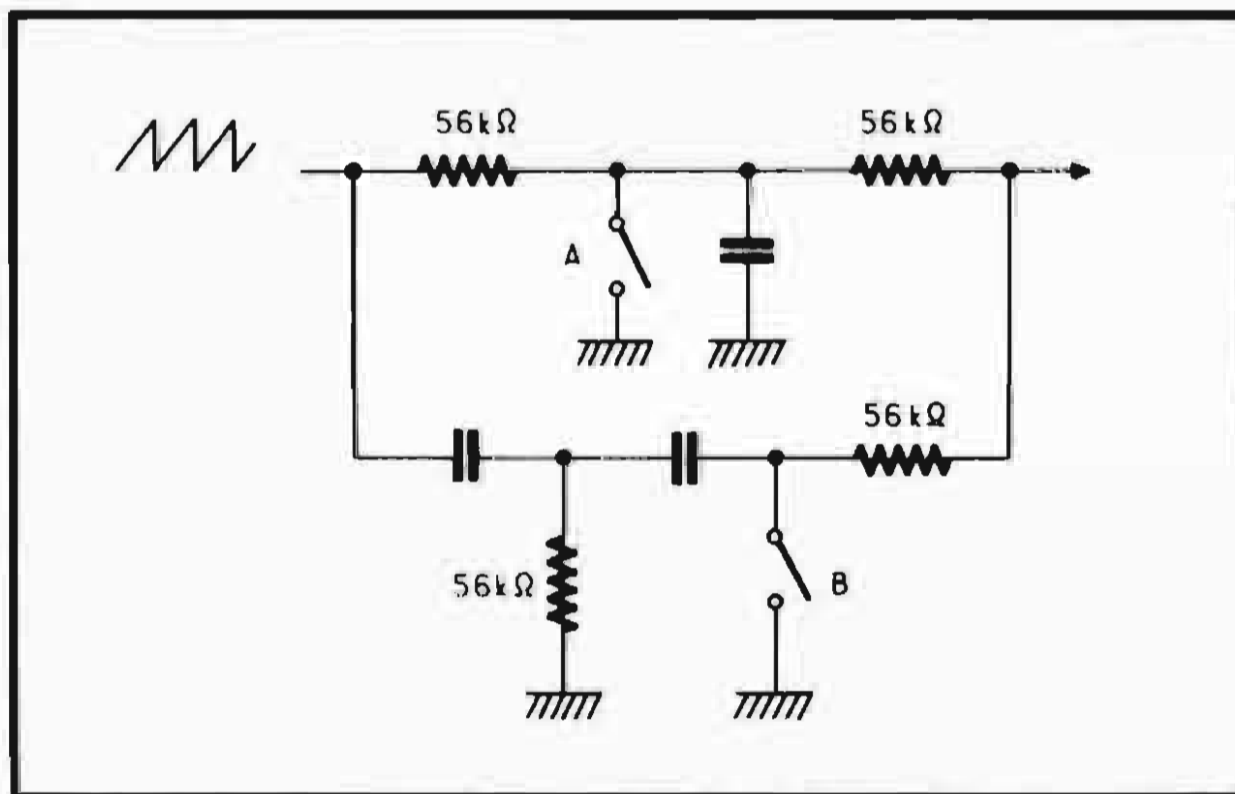
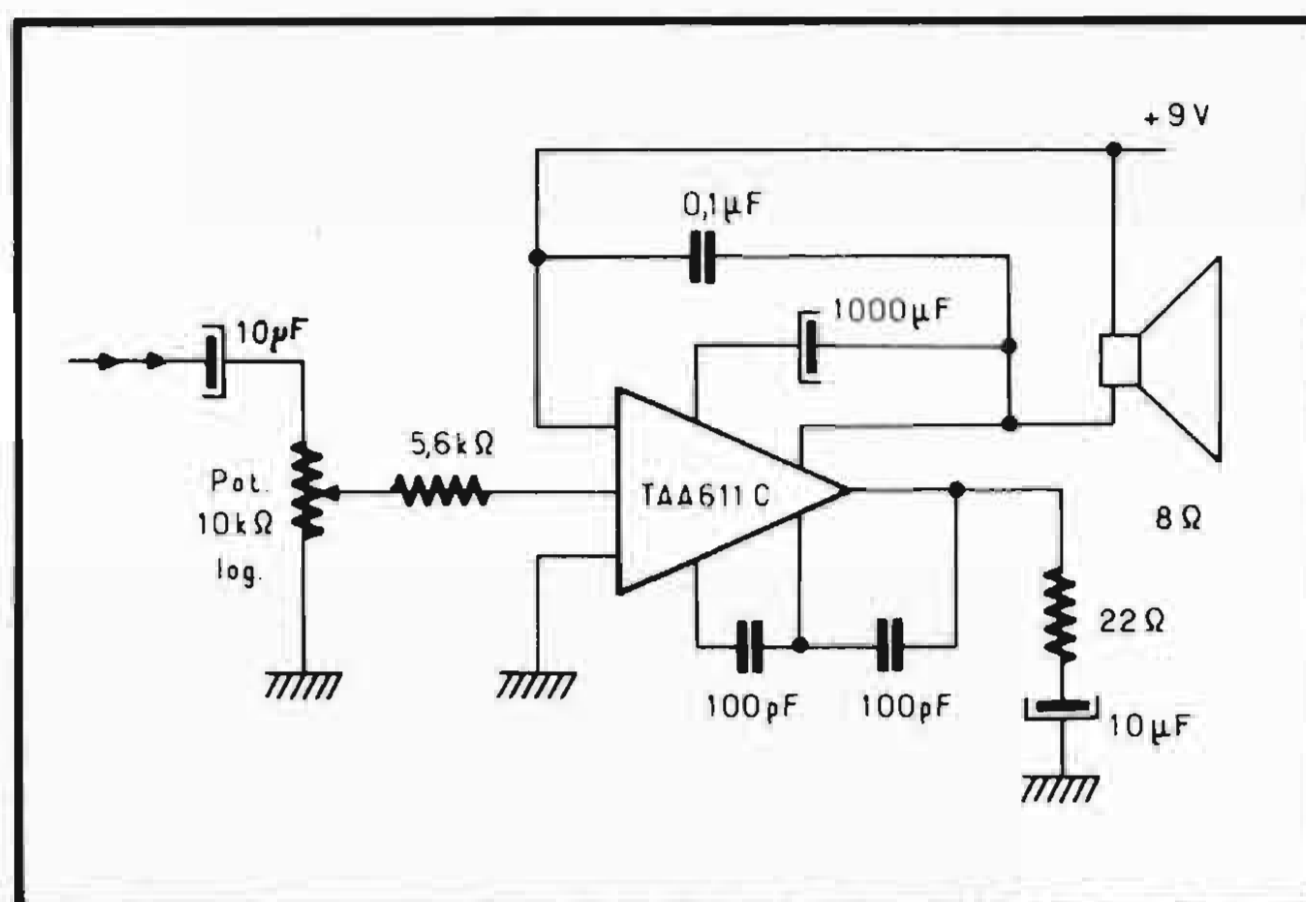
Un filtro degli acuti: elimina i componenti alti del suono. La frequenza di taglio dipende dal valore degli elementi utilizzati.

Una tastiera può essere concepita con una serie di resistenze, ognuna una nota. Avremo variazione di frequenza a gradini. Sotto, organo Elgam prodotto in Italia a Recanati.

Un filtro dei bassi: elimina i componenti deboli. Funziona dunque in senso contrario al precedente.

Partendo da questi due tipi di circuito, possiamo facilmente immaginare il montaggio.

Questo circuito di timbri offre tre sonorità diverse, per la combinazione dei due interruttori A e B.

Filtro passa basso.
La frequenza di taglio dipende dai valori di R e di C.

Filtro passa alto.
R e C determinano la frequenza di taglio.

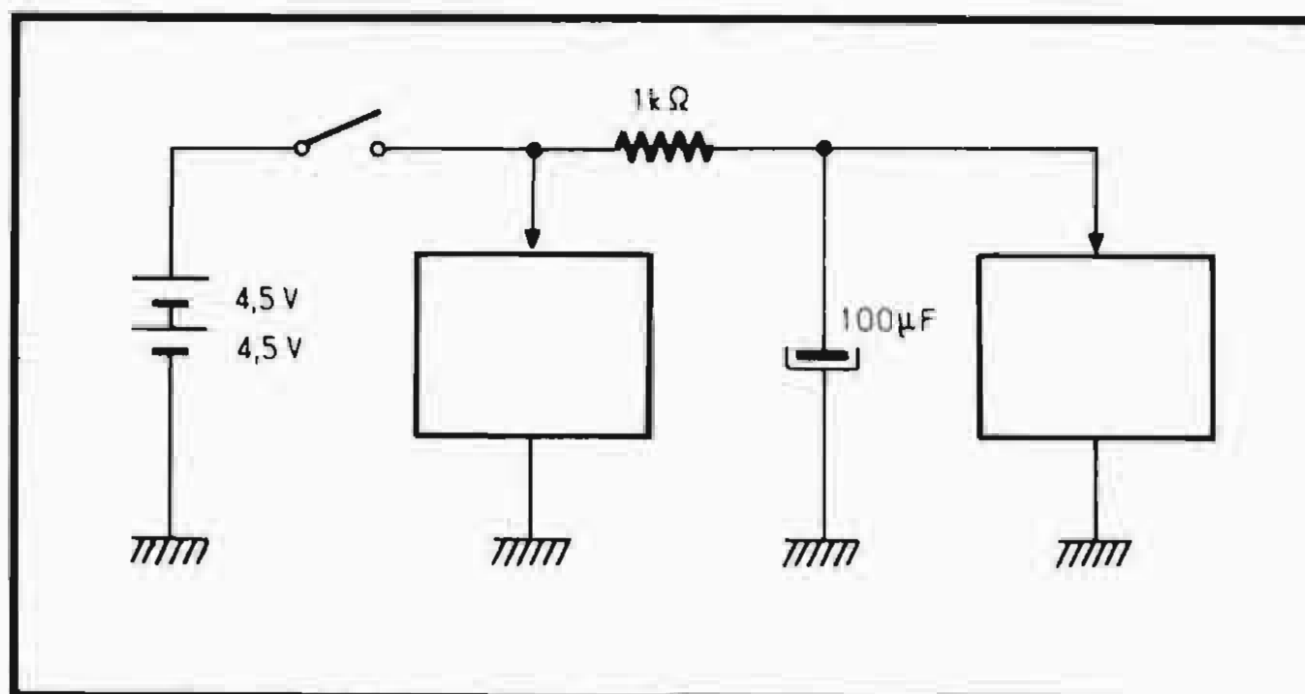
Uno schema per il circuito dei timbri. La sonorità cambia inserendo gli Interruttori A e B. Si noti che sono qui combinati insieme i filtri passa basso e passa alto.

I valori dei condensatori saranno scelti in funzione delle sonorità che si vogliono ottenere (da 2 nF a 1 mmF). Se A e B sono chiusi, non passa alcun segnale. Se A è aperto, abbiamo un segnale privo delle sue componenti acute. Se è aperto B, abbiamo un segnale privo delle sue componenti basse. Se A e B sono entrambi aperti, abbiamo un segnale dominante a metà fra bassi e acuti.

Amplificatore a circuito integrato tipo TAA611 C.
In altoparlante ritroviamo amplificati i segnali provenienti magari dal circuito dei timbri.

L'amplificatore

È sufficiente un amplificatore da 2 W. Utilizzeremo un amplificatore esistente in commercio sotto forma di piccolo circuito integrato, al quale aggiungeremo alcuni elementi esterni, fra i quali l'altoparlante.

Avremo una buona riproduzione delle note gravi con un altoparlante di grande diametro. Nello schema è illustrato un possibile esempio di amplificatore. È equipaggiato con un circuito integrato di tipo TAA 611 C.

Con un altoparlante da 8 Ohm, e con una tensione d'alimentazione di 9 V, otteniamo una potenza di 1,5 W. Con 12 V abbiamo invece una potenza di 2 W.

Il potenziometro da 10 kOhm permette di regolare la potenza di uscita dell'amplificatore. Si tratta di un potenziometro del tipo

Per l'alimentazione va bene qualunque schema: anche se si usano pile è bene stabilizzare con filtri RC le tensioni dopo ogni block logico.

a variazione logaritmica. Occorre infatti far variare la potenza di uscita dell'amplificatore in modo logaritmico, se vogliamo che il nostro orecchio abbia la sensazione di una variazione di potenza lineare, e ciò in virtù della particolare conformazione dell'orecchio interno, e dell'intero nostro sistema auditivo.

Alimentazione

Per alimentare il complesso, è sufficiente utilizzare due pile da 4,5 V montate in serie. Tuttavia, per stabilizzare al meglio l'oscillatore (la cui frequenza varia con la tensione d'alimentazione) diamo l'esempio di un montaggio particolare.

La cellula RC costituita dalla resistenza da 1 kOhm e dal condensatore da 100 mmF, offre una stabilizzazione sufficiente, poiché il consumo dell'oscillatore è debole, e pressoché costante.

I MODULI

Cerchiamo di crearci una visione modulare della organizzazione interna di uno strumento di questa categoria. Ogni modulo realizza una funzione ben determinata. Quale è il ruolo di ogni singolo modulo ?

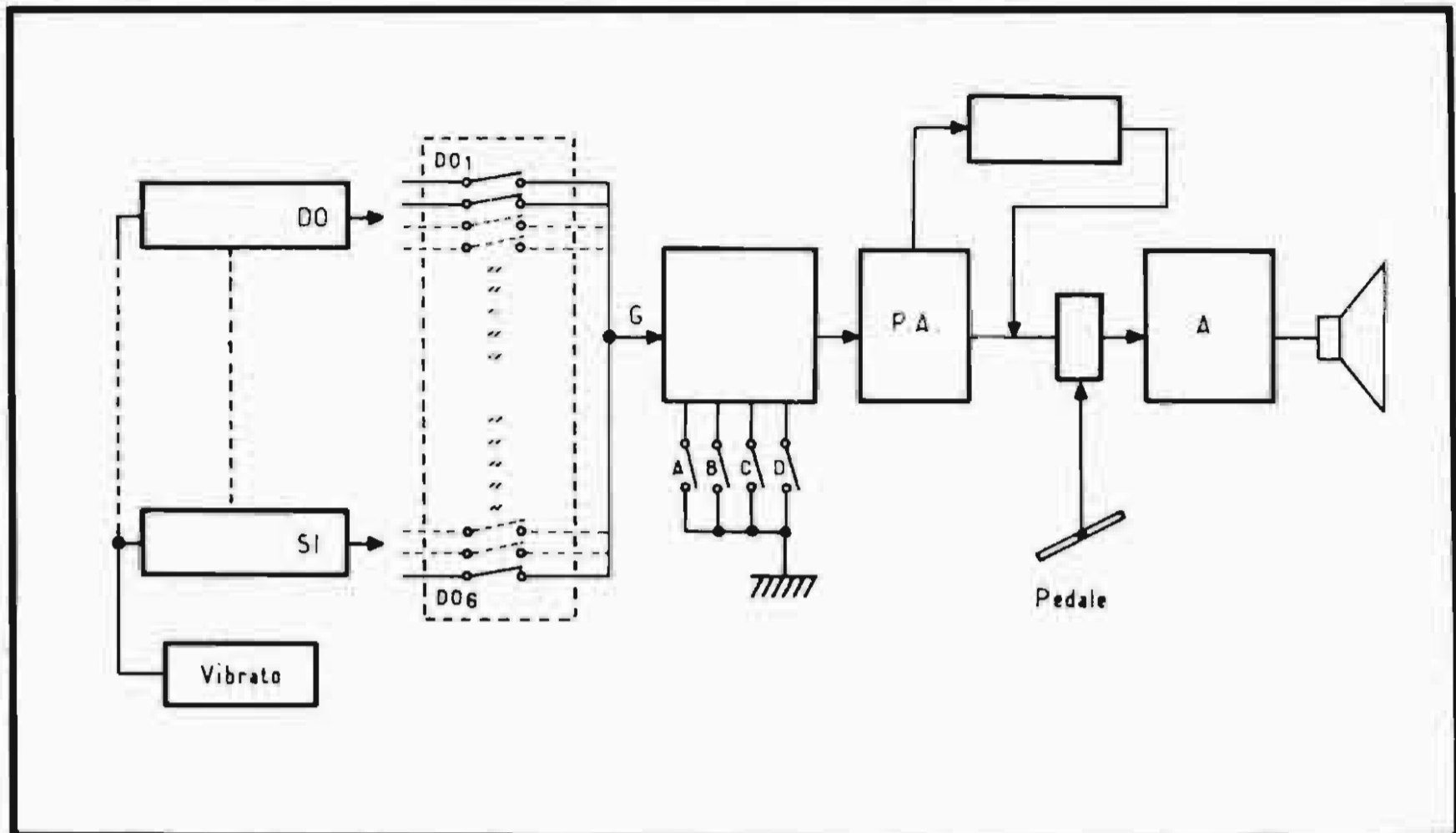
I generatori

Ogni nota corrisponde ad una frequenza fondamentale precisa. È necessario generare quindi queste frequenze. Un generatore sarà dotato perciò in primo luogo di un oscillatore di segnale alla frequenza desiderata. Ma una tastiera comprende numerose ottave (da 3 a 5), e per ogni nota, le stesse note di ottave differenti sono dei sottomultipli di 2. Dobbiamo perciò dividere per 2 la frequenza fornita dall'oscillatore, tante volte quante sono le ottave.

Un generatore comporta quindi un oscillatore e dei divisori di frequenza.

Trattandosi qui di uno strumento polifonico, occorre poter disporre simultaneamente delle dodici note per tutte le ottave della tastiera.

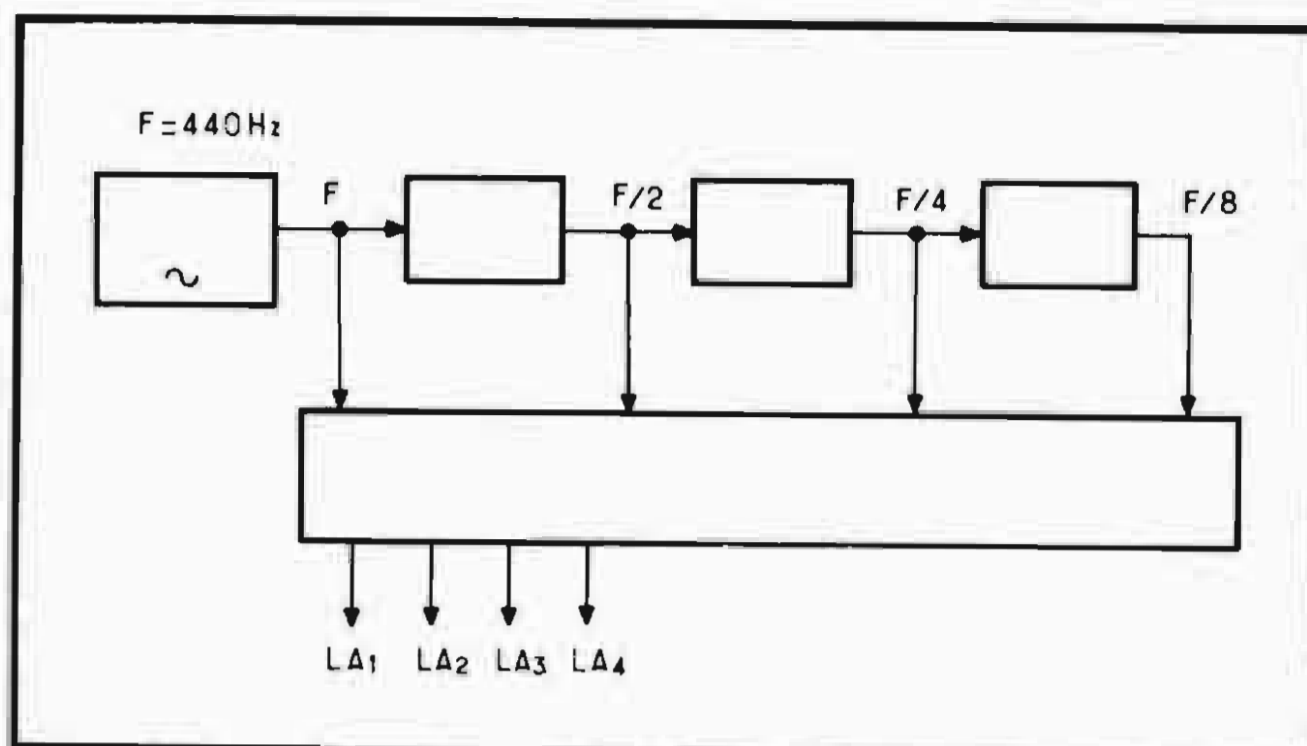
Avremo quindi in un organo dodici generatori identici a quelli che abbiamo più sopra descritti. L'unica differenza sarà nella regolazione degli oscillatori (essendo ogni oscillatore basato su una nota dell'ottava).

Di qui l'abbondanza dei componenti elettronici necessari, dovuta alla ripetitività dei circuiti.

Miscelatori d'armoniche

Disponiamo ora di dodici frequenze fondamentali e dei loro sottomultipli, che permettono così di coprire tutta l'estensione della tastiera. Si potrebbe a questo punto accontentarsi di portare ogni frequenza sulla nota corrispondente della tastiera. Ma in effetti questo sistema porterebbe ad ottenere suoni relativamente poveri di armoniche.

Per ottenere un suono ricco di colore, dobbiamo portare su ogni nota la frequenza che le compete, e in aggiunta una certa percentuale di armoniche sapientemente dosate, tratte da frequenze di note uguali prese dalle ottave vicine. Per capire meglio si noti lo schema sinottico completo di un generatore per un organo dotato di tastiera a 4 ottave. Nell'esempio, si tratta di un La. Abbiamo dodici generatori identici, le cui frequenze sono semplicemente relative ad ogni nota dell'ottava.

La tastiera

Le uscite dei generatori ci forniscono tutti i segnali di cui abbiamo bisogno. Non resta che selezionare il segnale prescelto in

Un generatore: la frequenza F viene divisa più volte per ottenere le ottave. Nella pagina accanto schema di un piccolo organo. Da sinistra i generatori dal DO al SI che attraverso la tastiera comandano il circuito dei timbri. Quindi preamplificatore PA, pedale, amplificatore, altoparlante. Il loop è utilizzato per l'effetto riverbero.

funzione del tasto premuto. Ciò è di facile realizzazione: ogni tasto dovrà azionare un piccolo interruttore. Un punto è in comune fra tutti gli interruttori, vale a dire l'uscita del segnale. Sull'altro punto arriva invece il segnale desiderato proveniente dai generatori. In uscita dunque arriva quindi dopo essere passato per il contatto del tasto premuto (o più segnali, se più tasti vengono azionati nel medesimo tempo).

La scatola dei timbri

Racchiude i circuiti che devono trattare i segnali provenienti dalla tastiera, al fine di trasformarli in sonorità gradevoli e varie.

Per mezzo dei commutatori A, B, C facciamo passare a volontà i segnali nei diversi filtri. Si può in tal modo giungere ad imitare il flauto, il clarinetto, l'oboe, gli strumenti a corda, la cornamusa. La qualità della scatola dei timbri dove essere ovviamente pari a quella dell'organo.

Il preamplificatore

I nostri segnali sono stati indeboliti, avendo dovuto attraversare

diversi circuiti. Occorre quindi riamplificarli, tramite un circuito semplice, fino a raggiungere un valore ottimale.

Il riverbero

Sappiamo che, emettendo dei suoni all'interno di un locale, si producono delle riflessioni sulle pareti, con relativo effetto di eco. Il caso tipico è quello della cattedrale, nella quale i muri sono nudi, e le volte alte e arrotondate. Ovviamente, non è la stessa cosa in un appartamento, dove lo spazio è senz'altro molto più limitato. Inoltre, le poltrone, le tende, eventualmente la moquette presenti nel locale assorbono i suoni ed evitano le riflessioni.

Si è quindi provveduto a ricreare artificialmente, con dei circuiti elettronici, questo effetto di riverbero: il quale risulta molto gradevole, qualora beninteso lo si sappia sapientemente e correttamente dosare, soprattutto nel caso dell'organo.

Il segnale inviato dal preamplificatore viene diviso in due, come dallo schema: da una parte si ha un segnale diretto verso l'amplificatore, dall'altra un segnale diretto all'unità di riverbero, che ne provoca il ritardo rispetto al primo segnale.

A questo punto, il segnale diretto e quello ritardato vengono mescolati all'ingresso dell'amplificatore generale.

Sintetizzatore Yamaha SY1.

Segnaliamo, tuttavia, per quei lettori che non desiderano approfondire ogni circuito, ma conoscerne semplicemente il principio, che il ritardo lo si ottiene con un sistema elettronico. Un ritardo sufficiente, dell'ordine dei 65 millisecondi.

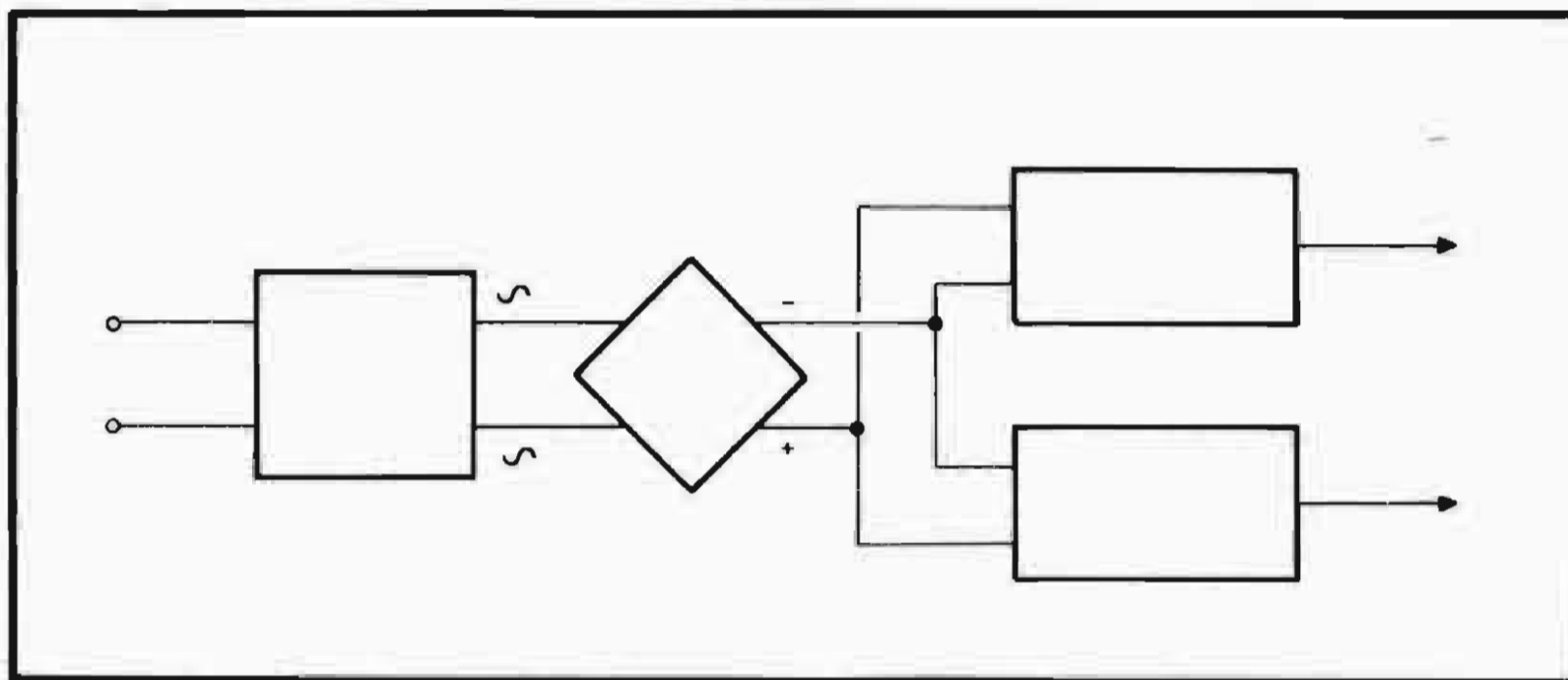
Il pedale d'espressione

Il pedale d'espressione viene azionato dal piede destro, e permette di far variare la potenza d'uscita dell'organo. Interviene quindi giusto prima dell'amplificatore di potenza.

L'amplificatore di potenza

I segnali preamplificati e dosati dal pedale d'espressione arrivano all'ingresso dell'amplificatore di potenza in grado di azionare un altoparlante. Una potenza di 10 W è, di solito, più che sufficiente.

Il vibrato

Il vibrato è un circuito speciale che agisce direttamente sugli oscillatori dei generatori. Invece di emettere una frequenza fissa,

Alimentatore: dalla rete, a sinistra, attraverso un trasformatore ed un raddrizzatore. Da quest'ultimo è possibile alimentare in parallelo due o più circuiti. Nella pagina accanto organo Giaccaglia, Loreto.

l'oscillatore sollecitato dal vibrato genera una frequenza modulata intorno al suo valore centrale (modulazione di frequenza). Il suono ne esce dunque « vibrato ». Il vibrato, quindi, provoca una leggera variazione di frequenza negli oscillatori piloti, intorno al loro valore medio e cioè, a una frequenza molto bassa, dell'ordine di qualche hertz (da 1 a 10 Hz).

L'alimentazione

Questi apparecchi funzionano in corrente alternata a 110 o 220 V. I circuiti utilizzati richiedono basse tensioni continue di qualche volt soltanto. Solo l'amplificatore richiede una tensione di qualche decina di volts. Vediamo un esempio tipo di alimentazione: a partire dalla rete, un trasformatore riduce la tensione a qualche volt in c.a. Poi, un raddrizzatore trasforma questa tensione alternata in tensione unidirezionale che viene filtrata ed applicata direttamente all'amplificatore. Questa stessa tensione continua passa inoltre in un sistema stabilizzatore che ne abbassa il valore alimentando a valori stabili gli altri circuiti.

Per la stabilità generale dell'insieme è opportuno che esista un regolatore, perché gli oscillatori piloti hanno scarti di frequenza.

L'ottava bassa dell'accompagnamento

In molti di questi piccoli organi è stato applicato un interessante perfezionamento: una delle ottave della tastiera, quella alla estrema sinistra, può venir trasformata in « accompagnamento ».

Nella maggior parte di questi casi, i tasti interessati sono grigi o neri invece che bianchi. Secondo le ditte costruttrici, può essere interessata alla trasformazione una sola ottava, oppure un'ottava e mezza.

Dove sta l'interesse di una simile possibilità? Questa permette di ottenere con la mano sinistra degli accordi più bassi, gradevoli all'orecchio, e in grado di accompagnare una melodia suonata con la mano destra. Equivale cioè, in pratica, al suono della pedaliera nei grandi organi classici.

Conclusioni

Questo primo approccio ci ha permesso di familiarizzare sia con una parte dei termini usualmente utilizzati, che con l'organizzazione interna di questi strumenti elettronici.

L'interesse verso questi strumenti va sempre crescendo, e risulta maggiore a seconda che posseggano un sistema di riverbero, che abbiano la possibilità di trasformare una parte della tastiera in accompagnamento, e soprattutto a seconda della ricchezza di timbri. Vi sono apparecchi la cui scatola dei timbri consente ben 70 diverse combinazioni !

GENERATORI DI NOTA

In ogni organo ci sono dodici generatori corrispondenti a ciascuna nota dell'ottava. Ogni generatore, come abbiamo visto, comporta tre parti essenziali: l'oscillatore, i divisori di frequenza, i miscelatori d'armoniche.

Abbiamo già visto l'oscillatore più semplice e più stabile come temperatura: l'oscillatore a transistor unijunction (UJT).

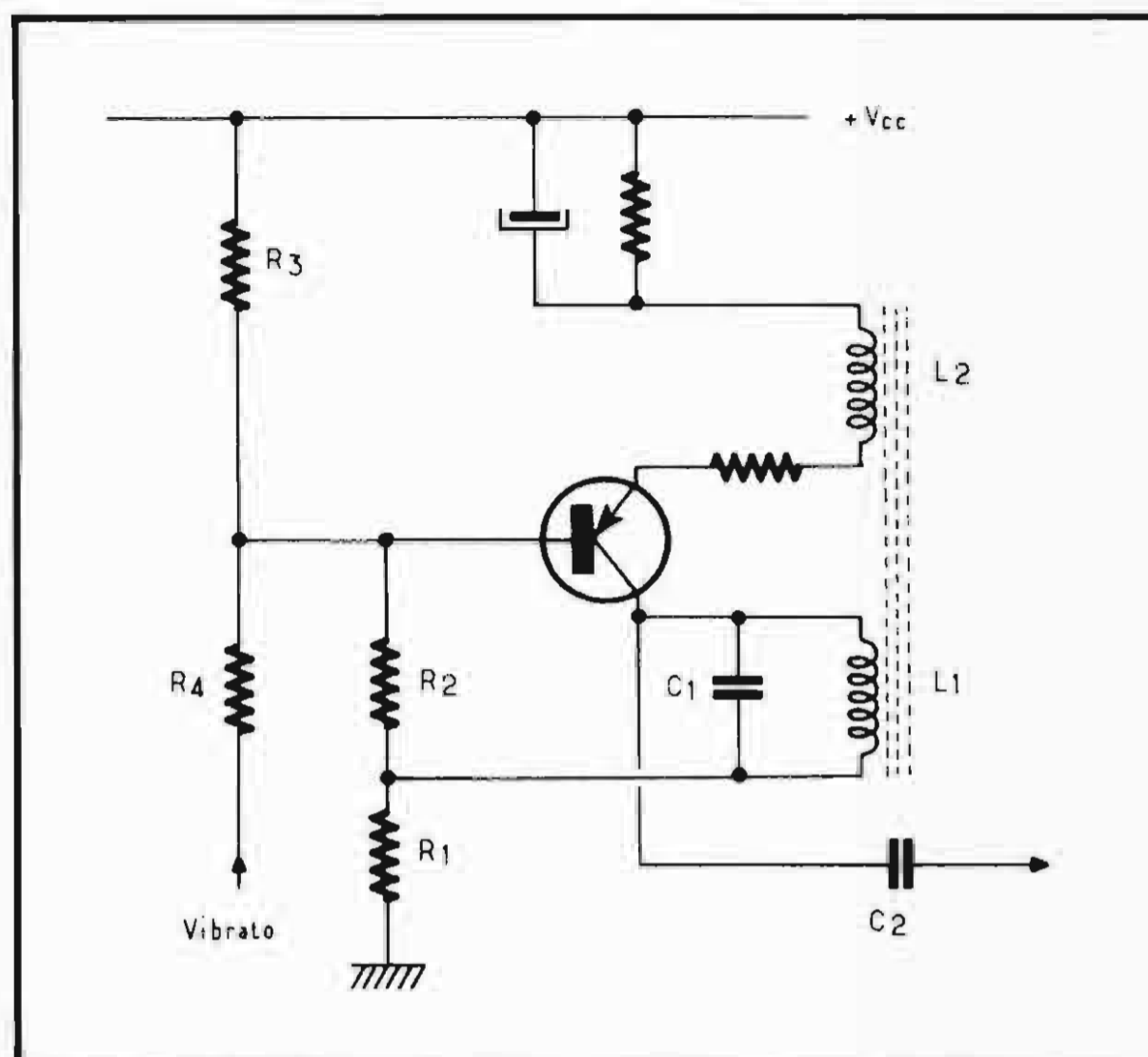
Tuttavia, non è il solo montaggio esistente: ne esistono altri di tipi.

L'oscillatore a induttore: molto stabile;
il montaggio a multivibratore;
l'oscillatore RC, più utilizzato nella bassa frequenza (vibrato).

L'oscillatore a induttore

Questi utilizza un induttore in ferrite, che ha il vantaggio d'essere molto stabile, ma il suo peso, il suo prezzo ed il suo ingombro non sono trascurabili.

Il circuito L_1-C_1 dà l'accordo inserito nel circuito del collettore di un transistor. L'induttore ha due avvolgimenti; il secondo che serve da « reazione » (L_2) conserva le oscillazioni. Il condensatore C_1 determina la frequenza e deve essere di buonissima qualità (stabilità in temperatura ed in invecchiamento).

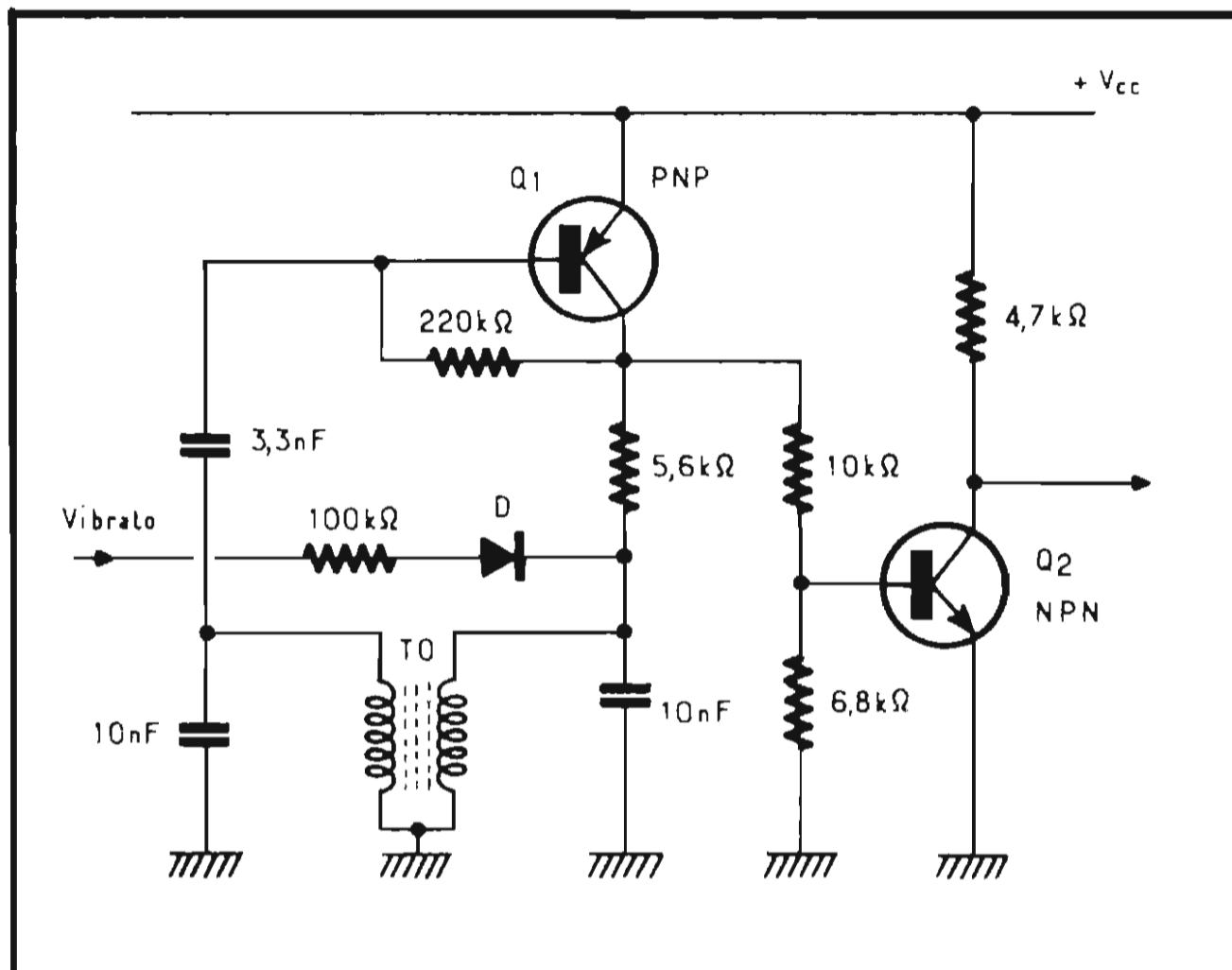
La polarizzazione del transistor è assicurata da un punto di base costituito da tre resistenze: R_1, e R_2 a ritorno di massa, R_3 collegata a V_{CC}. Il segnale generato dall'oscillatore è prelevato sul collettore del transistor, attraverso un condensatore C_2. Il vibrato agi-

Oscillatore a induttore. Schema Farfisa.

sce sulla base del transistor attraverso una resistenza R_2. Il vibrato modula anche l'oscillatore.

L'accordo di questi generatori si fa grosso modo tramite il condensatore C_1 e s'aggiusta regolando il nucleo interno dell'induttore. L'induttanza aumenta quando la vite penetra più profondamente nella bobina.

Questo oscillatore genera un segnale che può essere perfettamente sinusoidale. Oppure l'oscillatore è del tipo blocking ad induttore. Il transistor Q_2 è un transistor tampone del tipo BC 238 B montato in emittore comune.

L'oscillatore a multivibratore

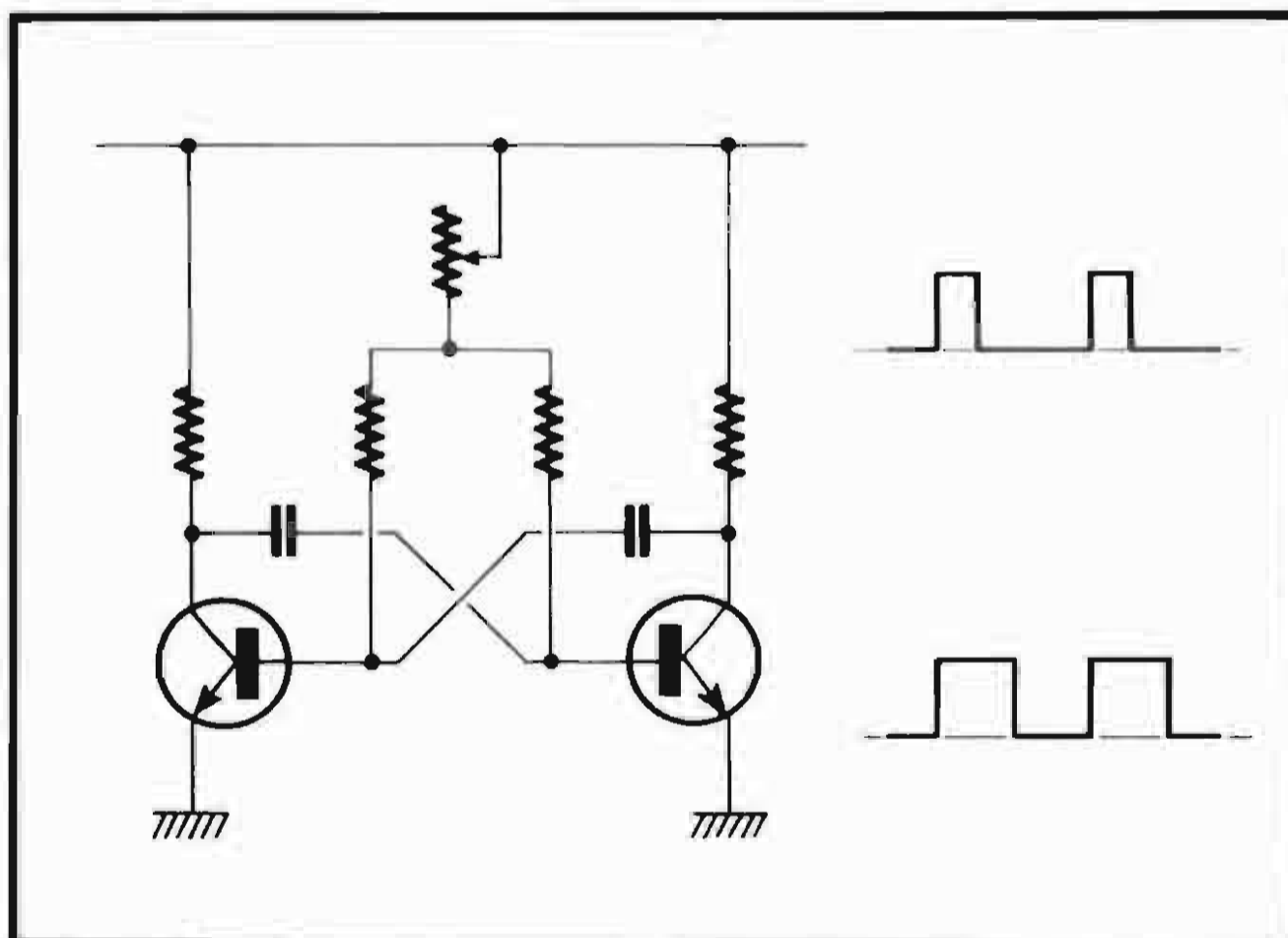
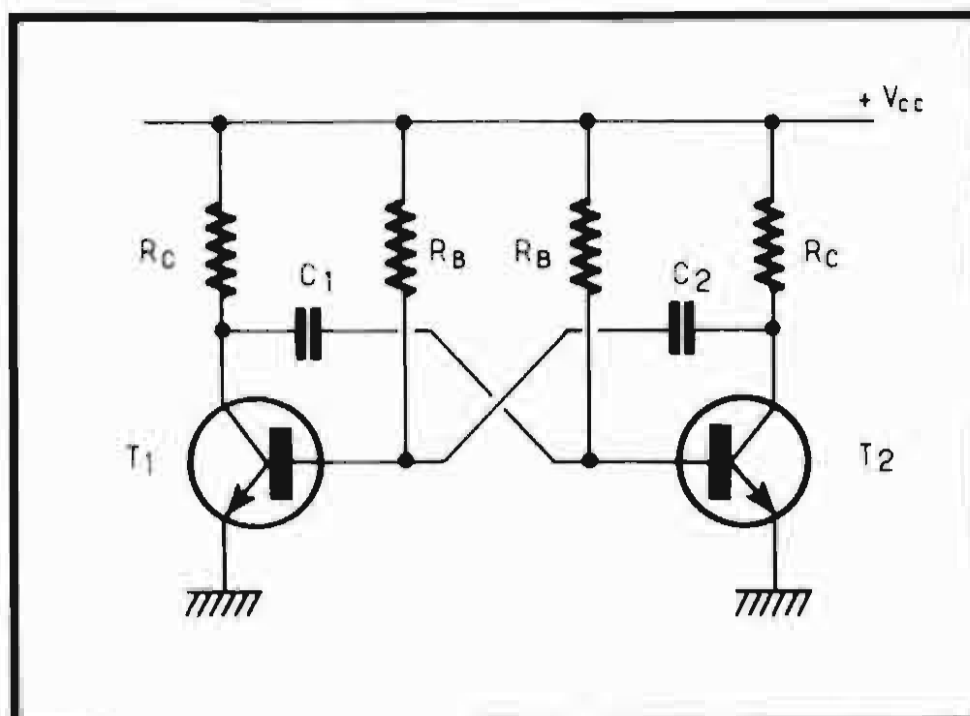
Il suo principale difetto è la mancanza di precisione. Questo montaggio figura in tutti i libri di elettronica. Noi non riferiremo la sua teoria. Ricordiamo rapidamente il suo funzionamento. Lo schema di base è dato in figura. È un montaggio perfettamente simmetrico. Due transistors T_1 e T_2 sono sempre uno bloccato, l'altro saturo. R_c sono le resistenze di carico dei collettori dei transistors. R_b sono le resistenze di base, C_1 e C_2 i condensatori che

Oscillatore a induttore. Schema Magnetic.

determinano con le resistenze R_1 le costanti di tempo del multivibratore. Con questo tipo di schema si hanno dei segnali rettangolari. Se $C_1 = C_2$, il segnale è simmetrico.

Si può scegliere approssimativamente C e regoleremo la frequenza con la resistenza R_b. Al fine di avere una stabilità migliore si possono aggiungere ai transistors dei diodi. Questi diodi esercitano una compensazione in temperatura: la tensione diretta del diodo varia in senso inverso di quella del V_{be} del transistor quando la temperatura aumenta.

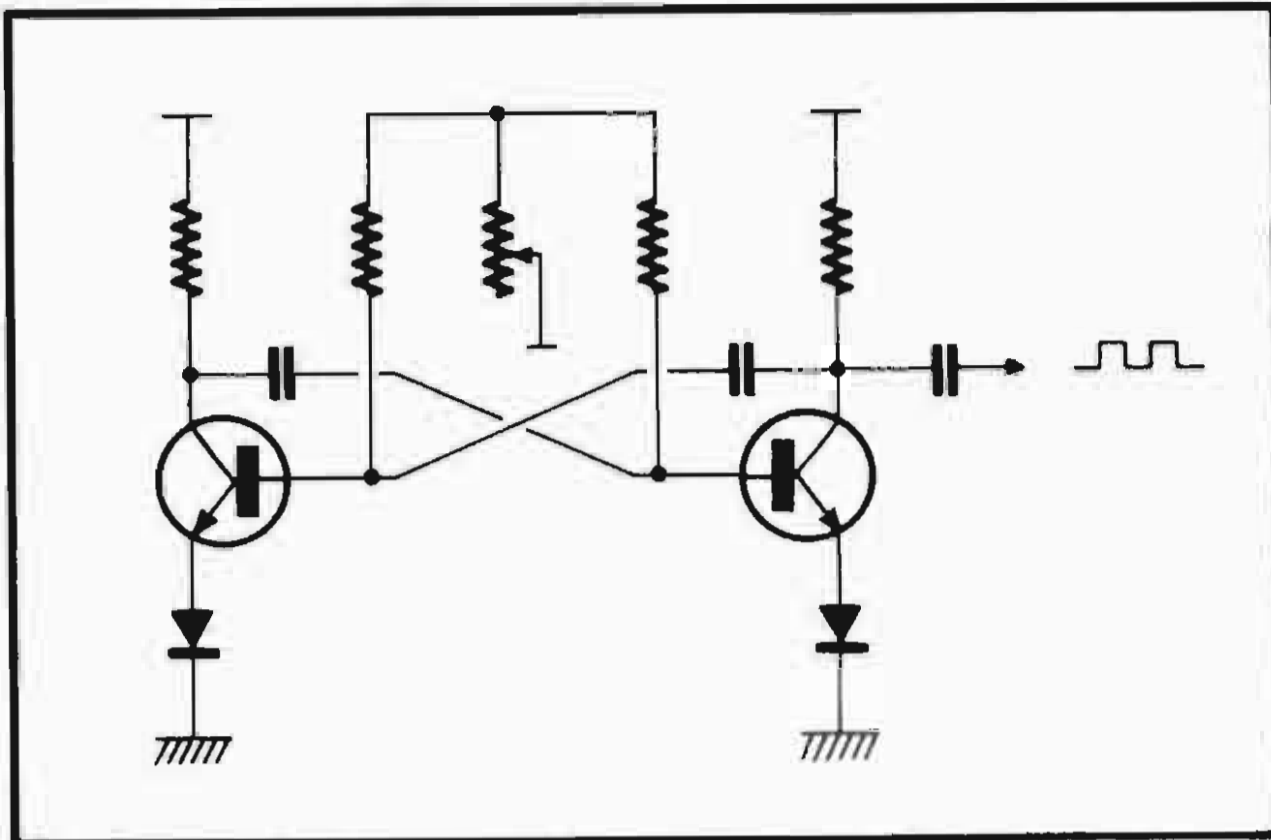
L'oscillatore a sfasamento

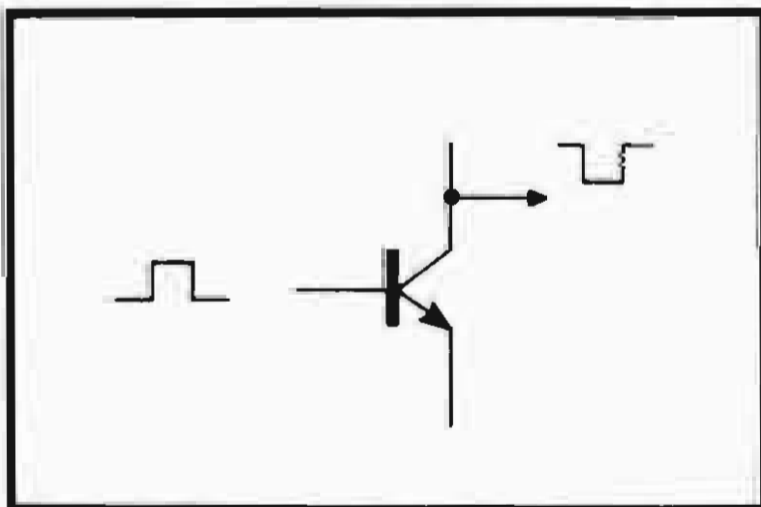
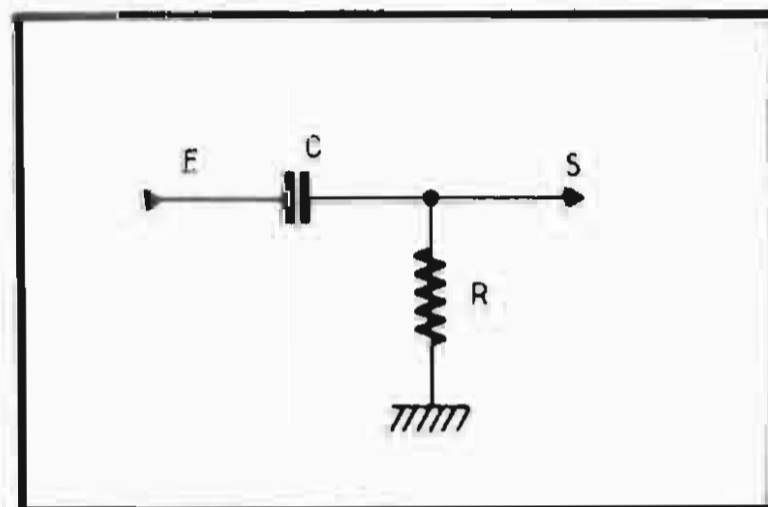
Il principio di questo schema è il seguente: Un segnale applicato sulla base di un transistor esce sul suo collettore sì amplificato ma pure sfasato di 180° in rapporto al segnale d'ingresso. Per assicurare una autooscillazione bisogna reintrodurre sulla base del transistor una parte del segnale del collettore, di cui si sarà invertita la fase. Una cellula RC crea uno sfasamento di 60°. Occorreranno dunque tre cellule identiche in serie per ottenere lo sfasamento di 180°. Ma ogni cellula attenua il segnale. È così dunque

Schema di un multivibratore a due transistor.

Multivibratore con possibilità di regolare la frequenza di oscillazione. In uscita segnali asimmetrici (sopra) o simmetrici (sotto).

necessario avere un transistor che presenti una resa molto alta perché il montaggio funzioni. I valori dei condensatori C e delle resistenze R, saranno gli stessi per le tre cellule. Il segnale, che è sinusoidale, è prelevato sul collettore del transistor.

I divisori di frequenza

Dall'oscillatore si libera una frequenza fissa F. Noi abbiamo visto che una tastiera comporta più ottave. Seguendo il numero delle ottave desiderate, dovremo dividere la frequenza F dell'oscillatore 1, 2, 3,... X volte.

Due diodi (in basso sullo schema) per compensare l'effetto della temperatura.

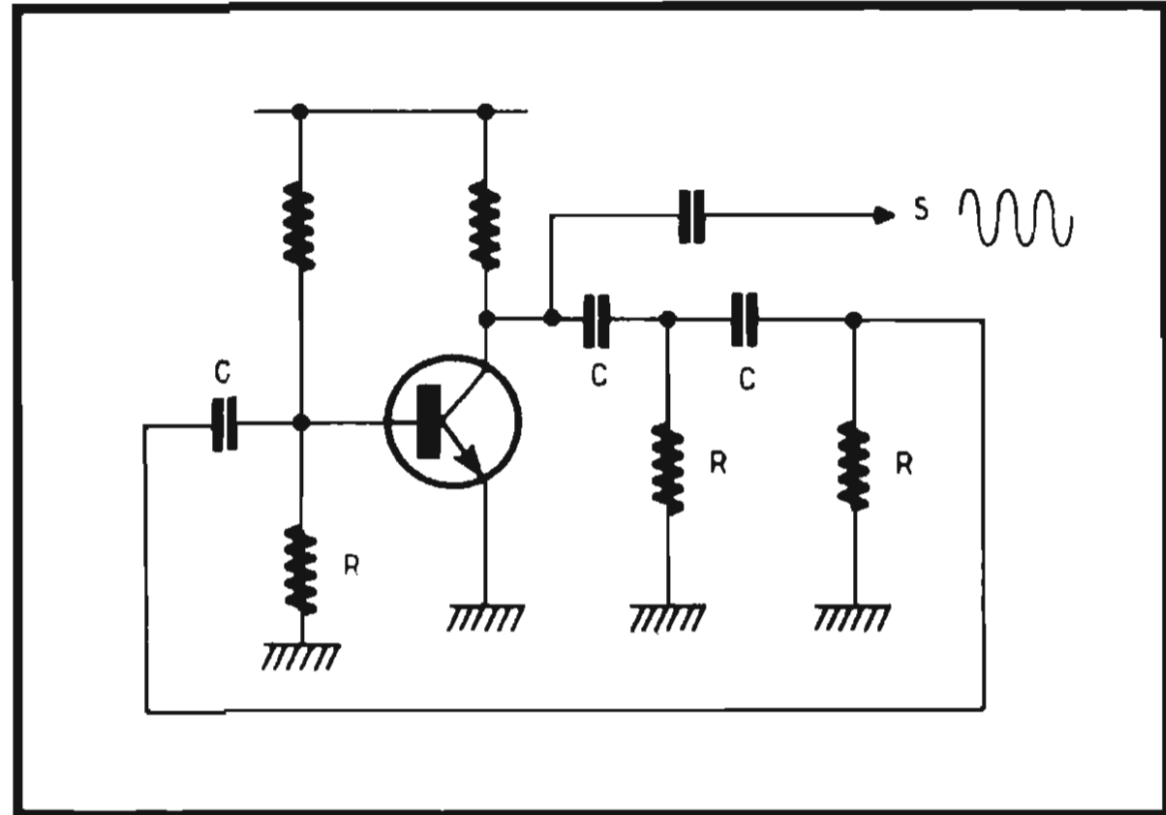
Una cellula RC: in uscita un segnale S alternato sfasato di 60° rispetto a quello di entrata E.

Un transistor montato ad emettitore comune: in uscita segnali sfasati di 180°.

Così per una tastiera di 4 ottave bisogna disporre delle frequenze F, F2, F4, F8.

Ciò vuol dire che noi abbiamo bisogno di dividere successivamente per 2 la frequenza F dell'oscillatore 3 volte. Si vedano gli schemi che seguono.

Ciascuna cellula si ripete. Basta dunque studiarne una sola.

Questo montaggio permette di inserire un segnale qualunque sul condensatore di 1,5 nF e di far uscire un segnale quadrato di frequenza pari alla metà della frequenza incidente. Questo circuito ricorda singolarmente il montaggio multivibratore. Due transistors sono montati in modo perfettamente simmetrico. Essi sono ina-

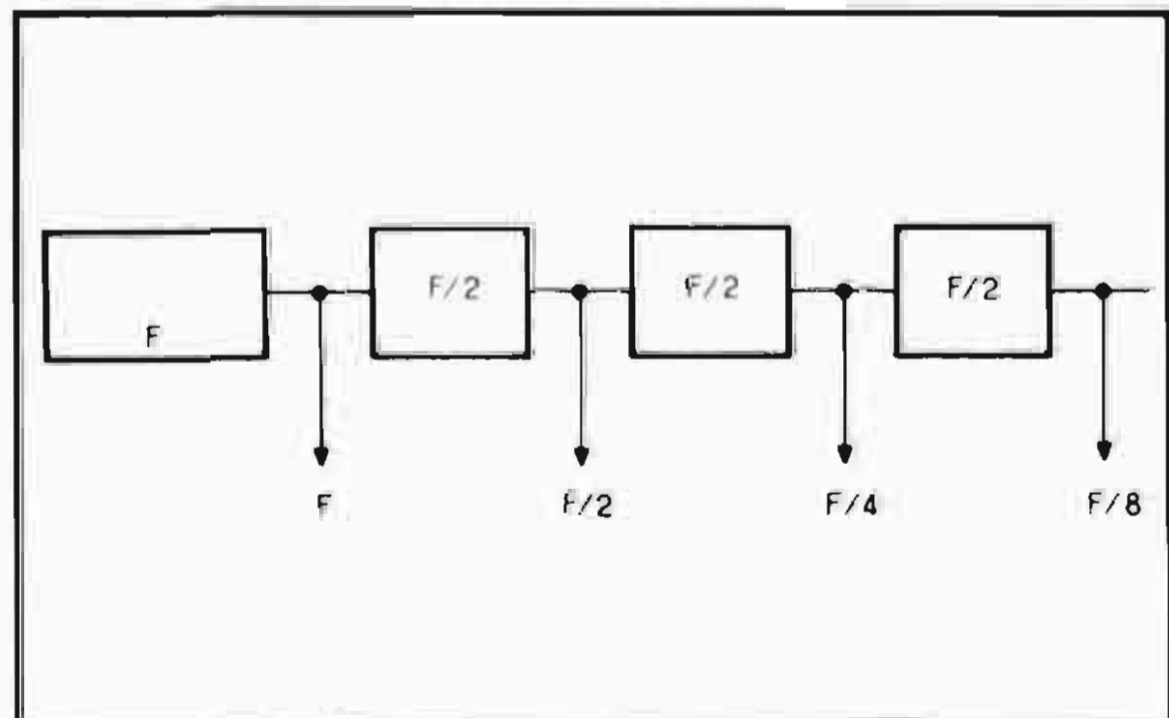
Oscillatore con tre cellule di sfasamento. In uscita un'oscillazione permanente.

nellati uno sull'altro per una resistenza di 100 kOhm con, in parallelo, un condensatore di 1,5 nF. Le resistenze a collettore dei due transistors non sono collegate direttamente alla tensione di alimentazione ma a una resistenza comune di 2,2 kOhm. Gli emittori di T_1 e T_2 sono accoppiati da una resistenza di 100 Ohm che ritorna alla massa.

Il principio di funzionamento è sensibilmente identico a quello del multivibratore: quando un transistor è bloccato, l'altro conduce. Ma qui il sistema non oscilla autonomamente: bisogna stimolarlo.

Sia il sistema a riposo: T_1 conduce, T_2 è bloccato.

T_2 essendo bloccato, la base di T_1 è resa positiva per le resistenze R_1, R_2 e R_3 in serie, R_1 essendo collegato a V_{CC}.

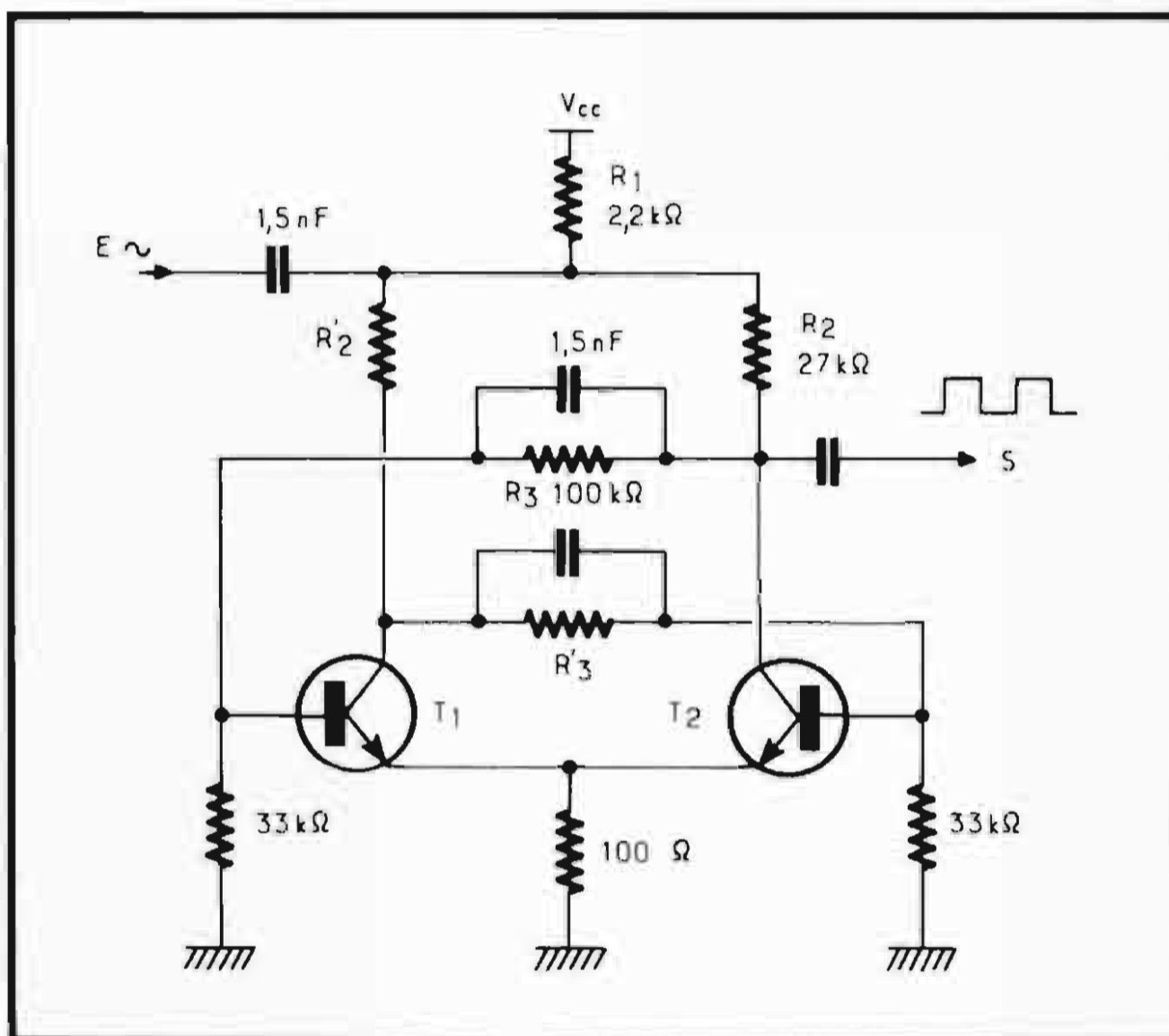
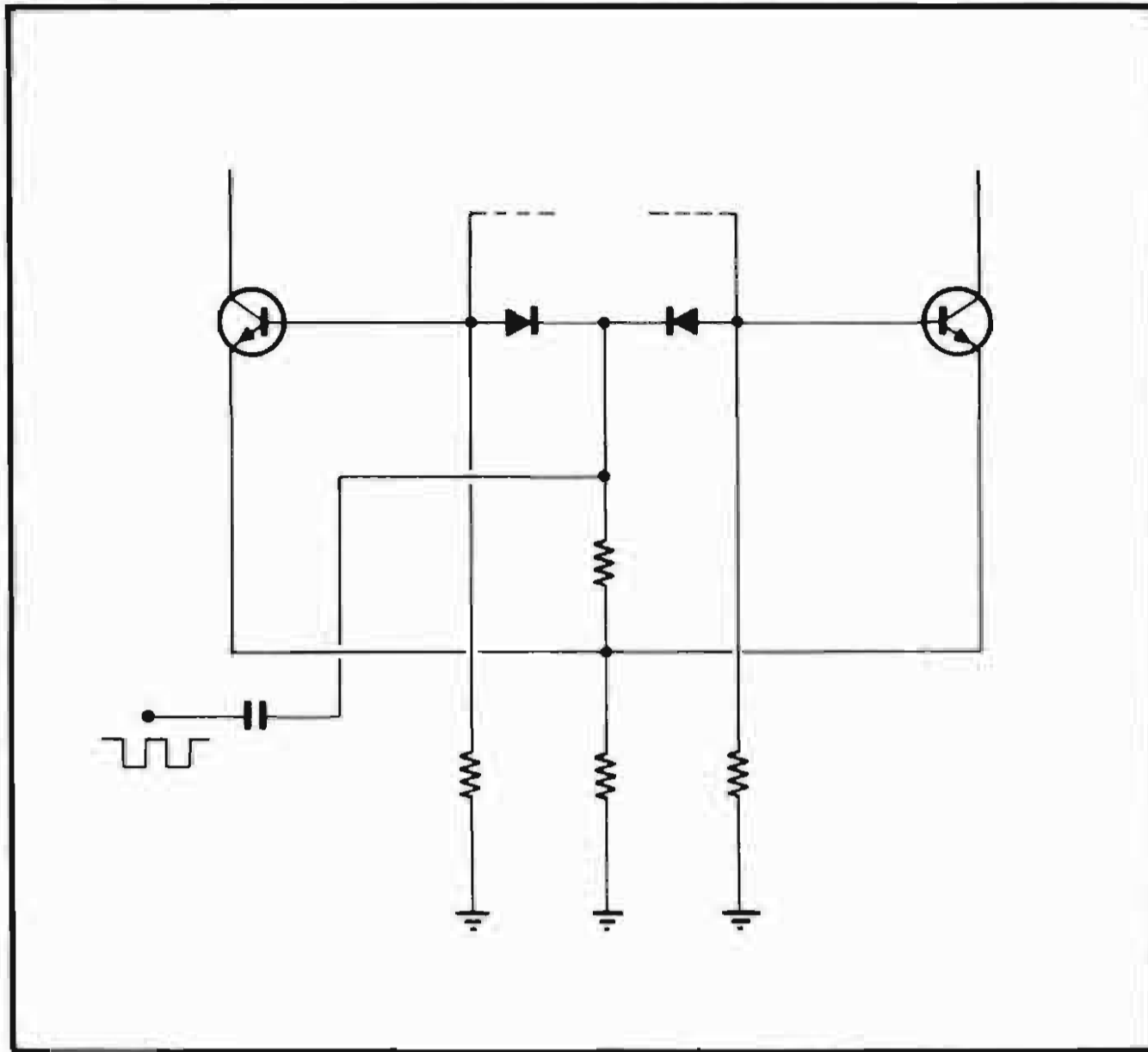
Un'impulso negativo, trasmesso per il condensatore di 1,5 nF, arriva al punto di congiunzione R_1, R_2. Questo è bruscamente portato ad un potenziale nullo e la base di T_1 non è più alimentata.

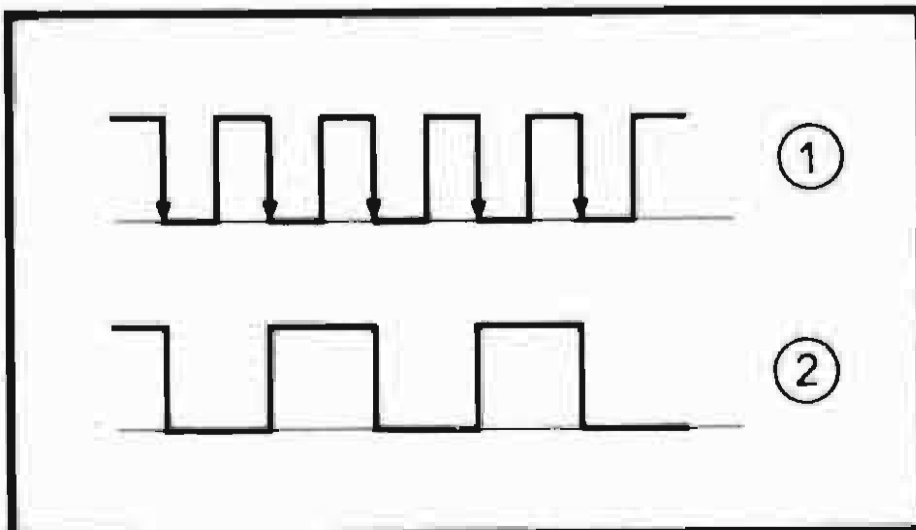
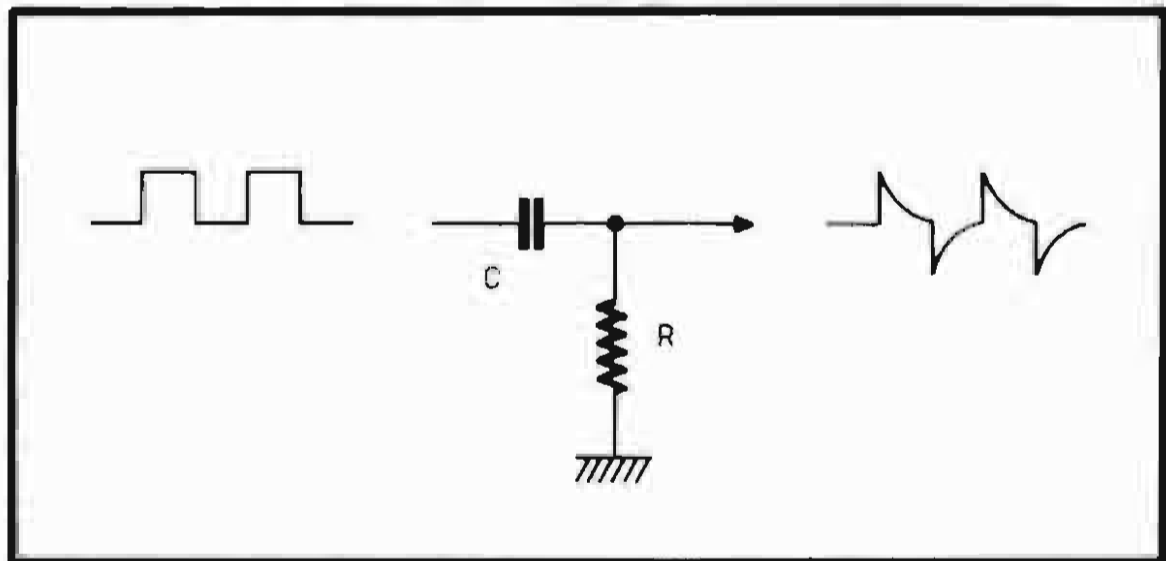
Le cellule divisori di frequenza sono tutte uguali fra loro e poste in serie.

T_1 si blocca. T_1 bloccato: la base di T_2 è alimentata e T_2 si mette a condurre. Il sistema ha perso l'equilibrio (si è capovolto ecc.). L'impulso può essere sparito, il sistema resterà ormai in questo nuovo stato.

Aggiungiamo tre fattori che favoriscono la perdita di equilibrio:

— l'impulso negativo è al punto di congiunzione R_1, R_2, T_1 conducente. Questo impulso tende a far si che il collettore di T_1 non sia più alimentato;
— la resistenza emittente di 100 Ohm permette di portare ad un potenziale uguale alla caduta di tensione in questa resistenza gli emittori dei transistors;
— i condensatori di 1,5 nF piazzati in parallelo sulle resistenze R_3 e R'_3 permettono di attivare il capovolgimento.

Un tale circuito si chiama bistabile (o flip-flop) perché ha due stati stabili.

Quali che siano le forme del segnale di comando il segnale di

Esempio di divisore di frequenza a due transistors.
E' bene che i due semiconduttori siano identici.

Circuito divisore di frequenza. Gli impulsi di comando devono essere applicati alle basi dei transistor.

Circuito differenziatore a resistenza e capacità.

Sopra segnali di comando 1 a frequenza F, sotto segnali d'uscita 2 a frequenza F/2 (periodo doppio).

Valigetta per effetti speciali Tekson applicabile ad esempio tra chitarra e amplificatore. Produzione Casale Bauer, Cagriano (Bologna).

uscita è sensibilmente quadrato perché, lo vediamo, l'oscillazione del sistema è molto rapida (dipende dalla velocità di commutazione dei transistors).

Questo circuito ha qualche variante possibile (in particolare è facile disinnestarlo con impulsi negativi che sono allora applicati sulle basi dei transistors) ma il principio resta sempre lo stesso.

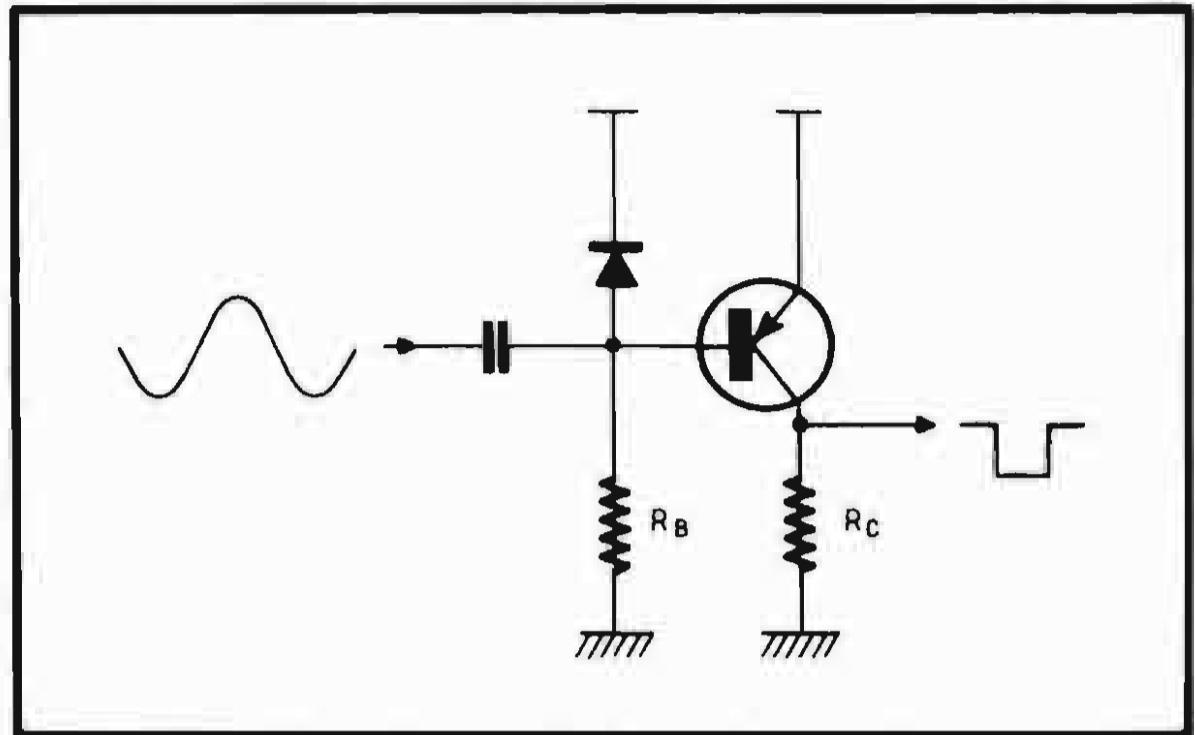
Perché si ottiene un segnale di frequenza metà di quello del segnale incidente? Perché il sistema che abbiamo appena descritto è sensibile ad un impulso negativo (un fronte negativo) ma resta insensibile ad un fronte positivo.

Il risultato è che la frequenza di uscita è metà della frequenza incidente.

Al limite possiamo disinnestare un tale circuito da qualsiasi segnale d'entrata; tuttavia il disinnesto sarà altrettanto più preciso quanto il segnale d'entrata presenterà un fronte ripido.

Sovente, si incontra un circuito di formazione del segnale di comando: se partiamo da un segnale qualunque potremo differenziarlo per mezzo di un circuito RC prima di applicarlo al flip-flop.

Se siamo in presenza di un segnale sinusoidale, poi possiamo spianare questo segnale, eliminando gli impulsi positivi per non

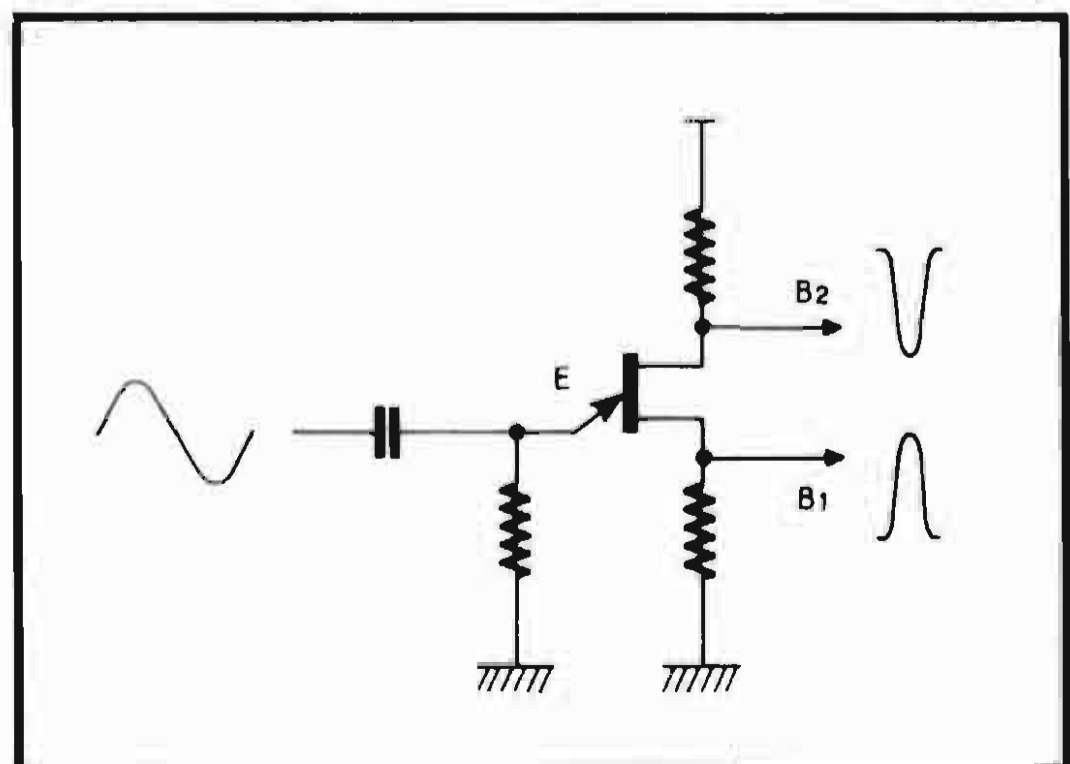
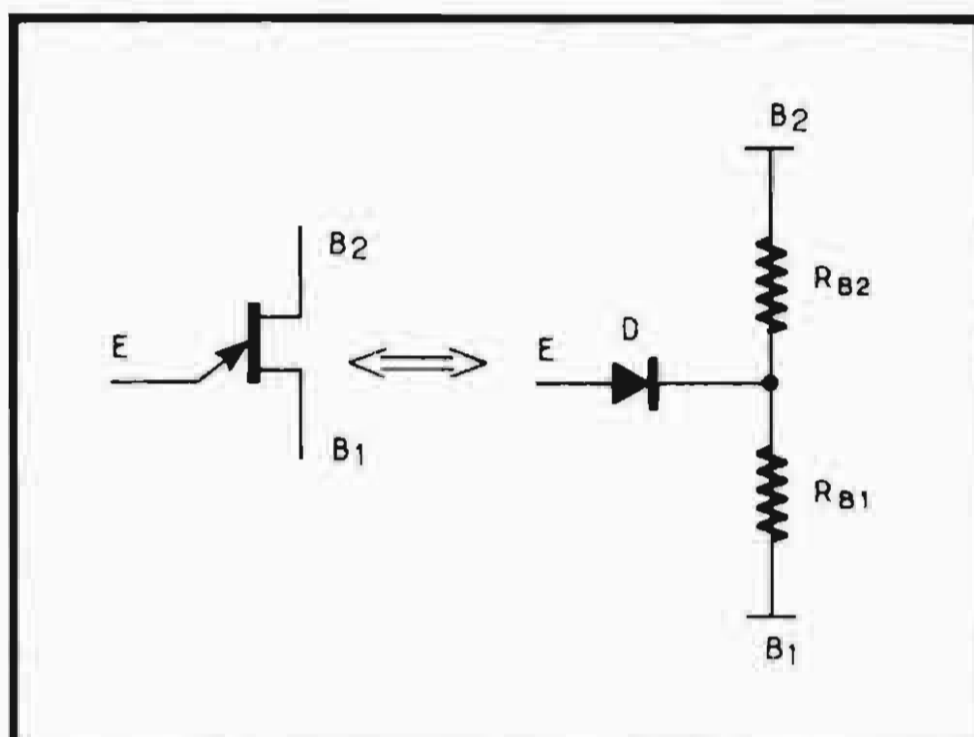
Amplificatore squadratore: elimina la componente negativa del segnale.

conservare che gli impulsi negativi.

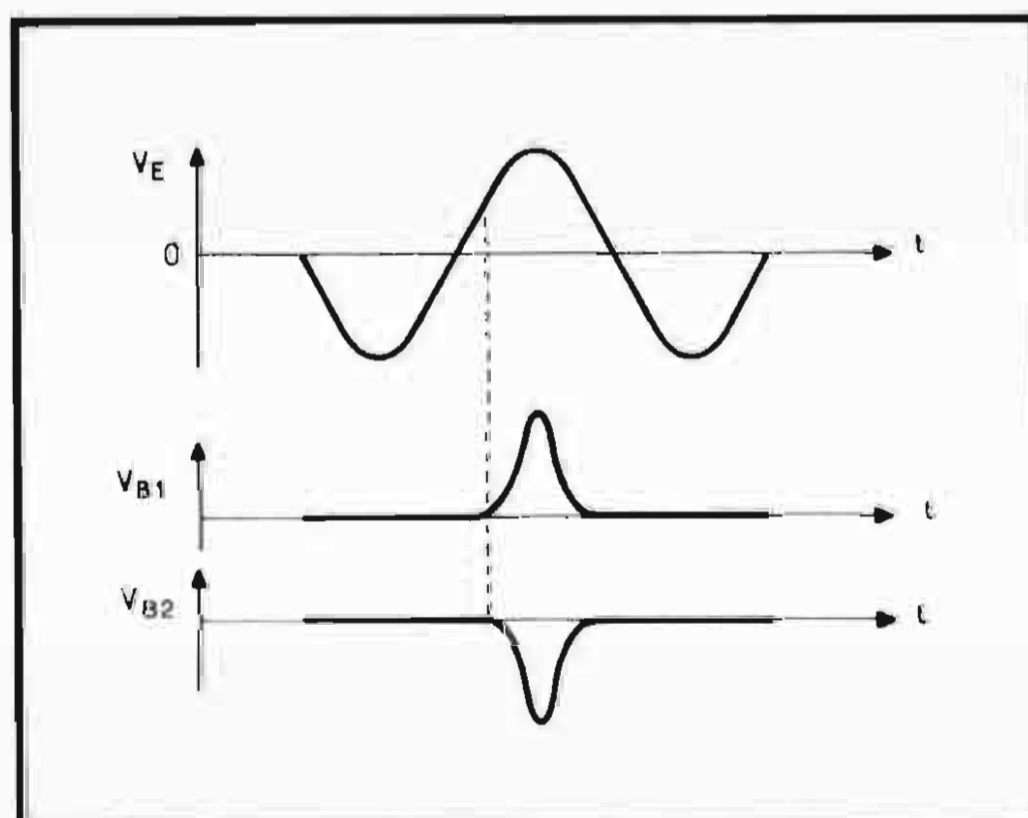
Il diodo esiste per protezione della giunzione base-emittore del transistor (la tensione applicabile sui transistors correnti non è mai alta...). Dunque se il segnale incidente presenta un'ampiezza superiore si può avere la distruzione della giunzione.

Un'altro montaggio interessante è il montaggio a transistor unijunction.

Il transistor UJT è un transistor speciale che si può ripresentare con uno schema equivalente. Si veda il circuito equivalente.

La resistenza $R_{b1} + R_{b2}$ è la resistenza interbase. Il suo valore

Circuito a transistor UJT: sulle basi segnali in opposizione di fase.

Circuito equivalente di un transistor tipo UJT.

è compreso fra 4 e 12 kOhm. Il diodo D rappresenta la congiunzione EB_1 quando l'UJT conduce. Applicando una tensione $V_{B_1B_2}$, appare una tensione $KV_{B_1B_2}$ fra l'emittore E e la base B_1. K è compreso fra 0,5 e 0,8 e si chiama rapporto intrinseco. Fintanto che la tensione V_E è inferiore al valore $KV_{B_1B_2}$ il diodo è polarizzato al rovescio ed è dunque bloccato. Quando V_E diventa superiore, appare un fenomeno di valanga. La corrente d'emittore I_E cresce bruscamente. Ricordiamoci semplicemente che fintanto che non si raggiunga la tensione di picco la corrente che passa nel diodo è praticamente nulla.

Rapporti di frequenza e di fase tra i segnali alle basi di un UJT rispetto all'ingresso VE.

Come si raggiunge la tensione di picco, il transistor si mette bruscamente a condurre a valanga. I carichi si smaltiscono in RB1. Se applichiamo un segnale sinusoidale all'entrata dell'UJT, la parte negativa della sinusoide non ha alcun effetto sul transistor. La parte positiva in compenso, se sorpassa la tensione di picco dell'UJT, lo disinnesta. Si noti il diagramma delle tensioni. Noi abbiamo bisogno di un impulso positivo o negativo: preleveremo il segnale sia sulla base B_1 sia sulla base B_2.

L'ARMONIA

Disponendo di un oscillatore che libera una frequenza F e di molti divisori di frequenza messi in serie, che forniscono le frequenze F/2, F/4, F/8, veniamo alla nostra tastiera di 4 ottave.

Utilizzeremo infatti un divisore supplementare per ottenere anche F/16. Due ragioni per questa scelta:

— 4 ottave vogliono dire 4 volte la gamma, più una nota supplementare, un do se la tastiera comincia al do. Tutti i generatori devono fornire 4 frequenze salvo quella del do che deve darne 5.

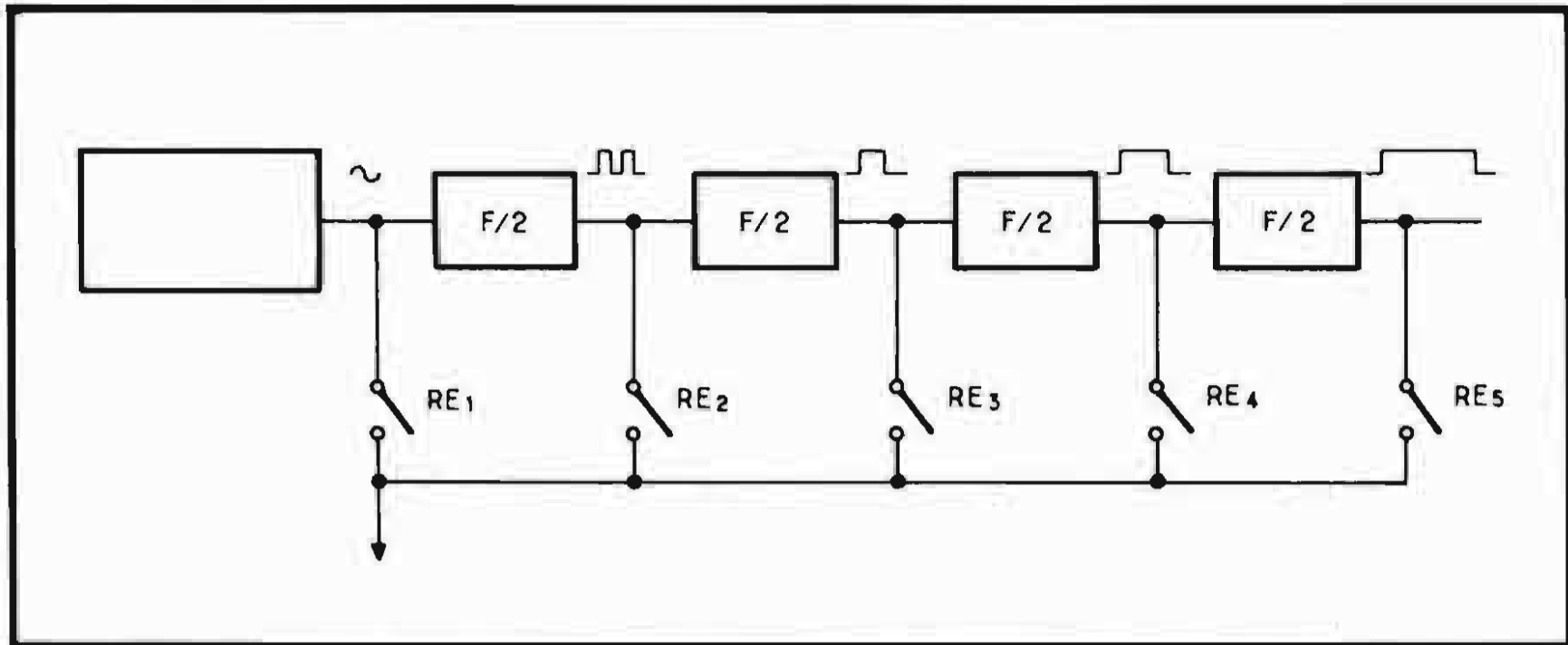
— I segnali forniti dai divisori sono tutti dei segnali quadrati. Quello che è liberato dall'oscillatore ha una forma diversa salvo se l'oscillatore è un multivibratore.

È dunque preferibile tenere questo segnale, se è sinusoidale o una rampa, per le mescolanze di armonia.

Riassumendo: noi disponiamo di un segnale di frequenza F sinusoidale o a dente di sega e dei segnali quadrati di frequenza sottomultipla. Sopra gli « organi » della categoria che noi stiamo descrivendo, si è cercato di ottenere delle sonorità ricche pur avendo dei circuiti semplici e dei montaggi meccanici poco onerosi (un contatto per tocco di tasto in luogo di 2 a 10 come nei grandi organi). Possiamo realizzare le mescolanze in anticipo e queste mescolanze saranno fisse.

Interveniamo nello schema realizzando due modifiche:

— abbiamo bisogno di armoniche pari contenute nel segnale liberato dall'oscillatore. Allora mescoleremo un po' di questo segnale con qualche segnale quadrato;

— vogliamo anche qualche armonica di frequenza vicina.

Connessioni del generatore con i contatti della tastiera.

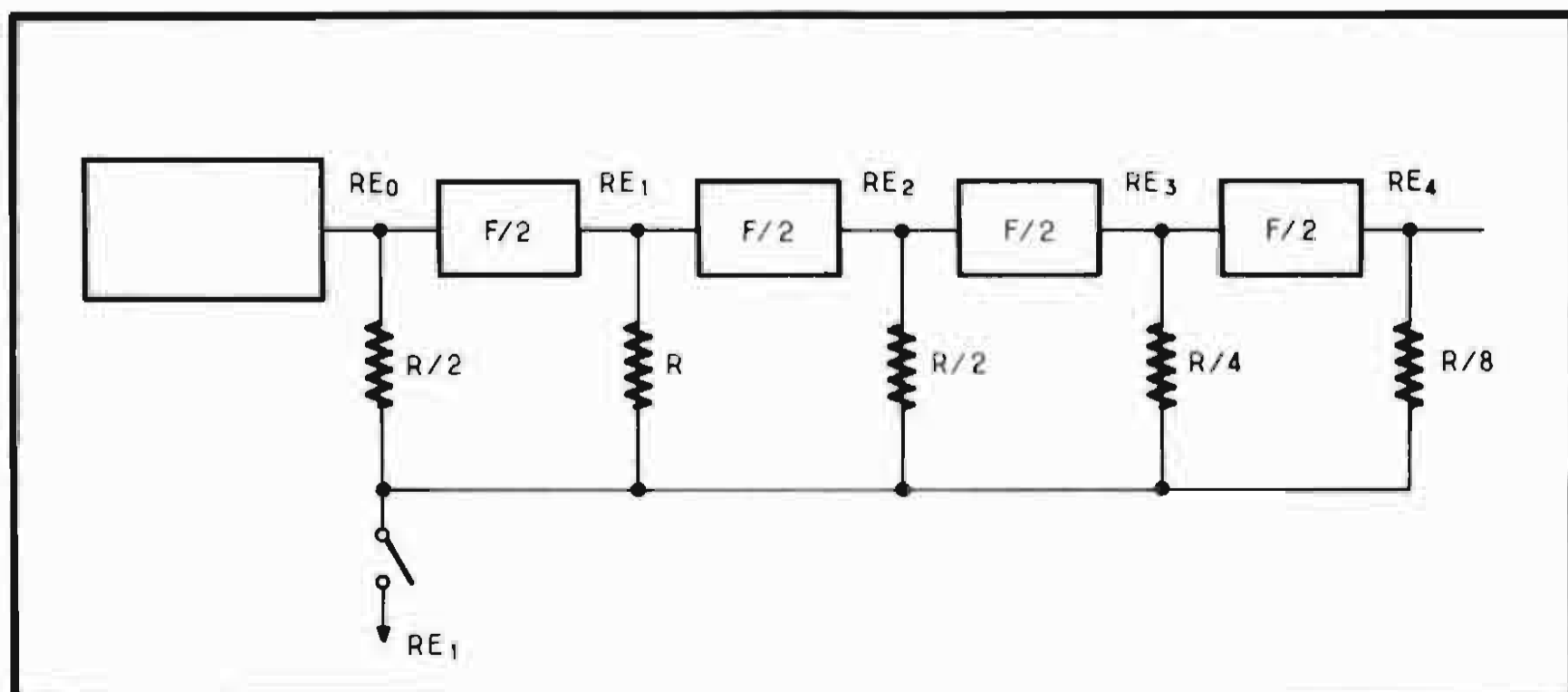
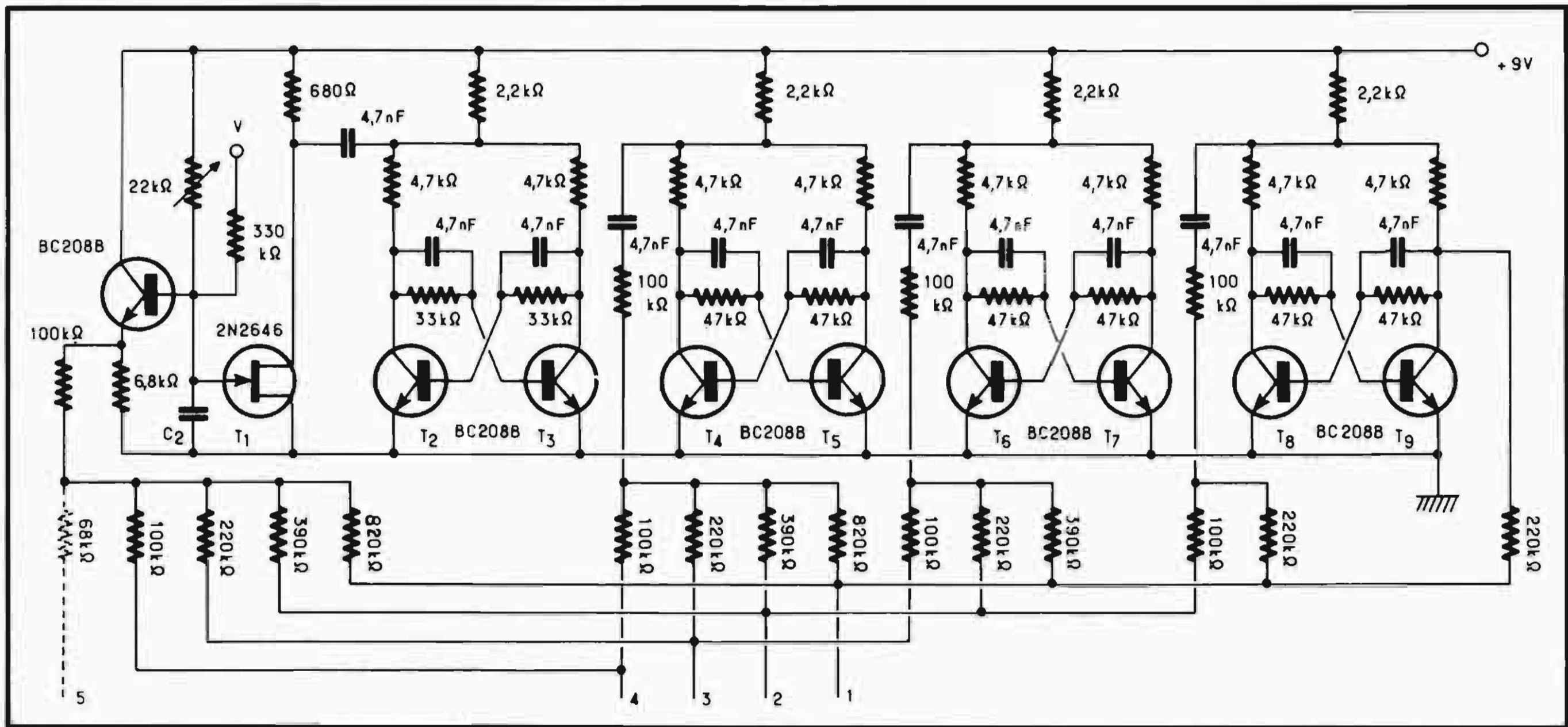
La figura mostra il circuito. I rapporti indicati per i valori di resistenza possono essere considerati come buoni.

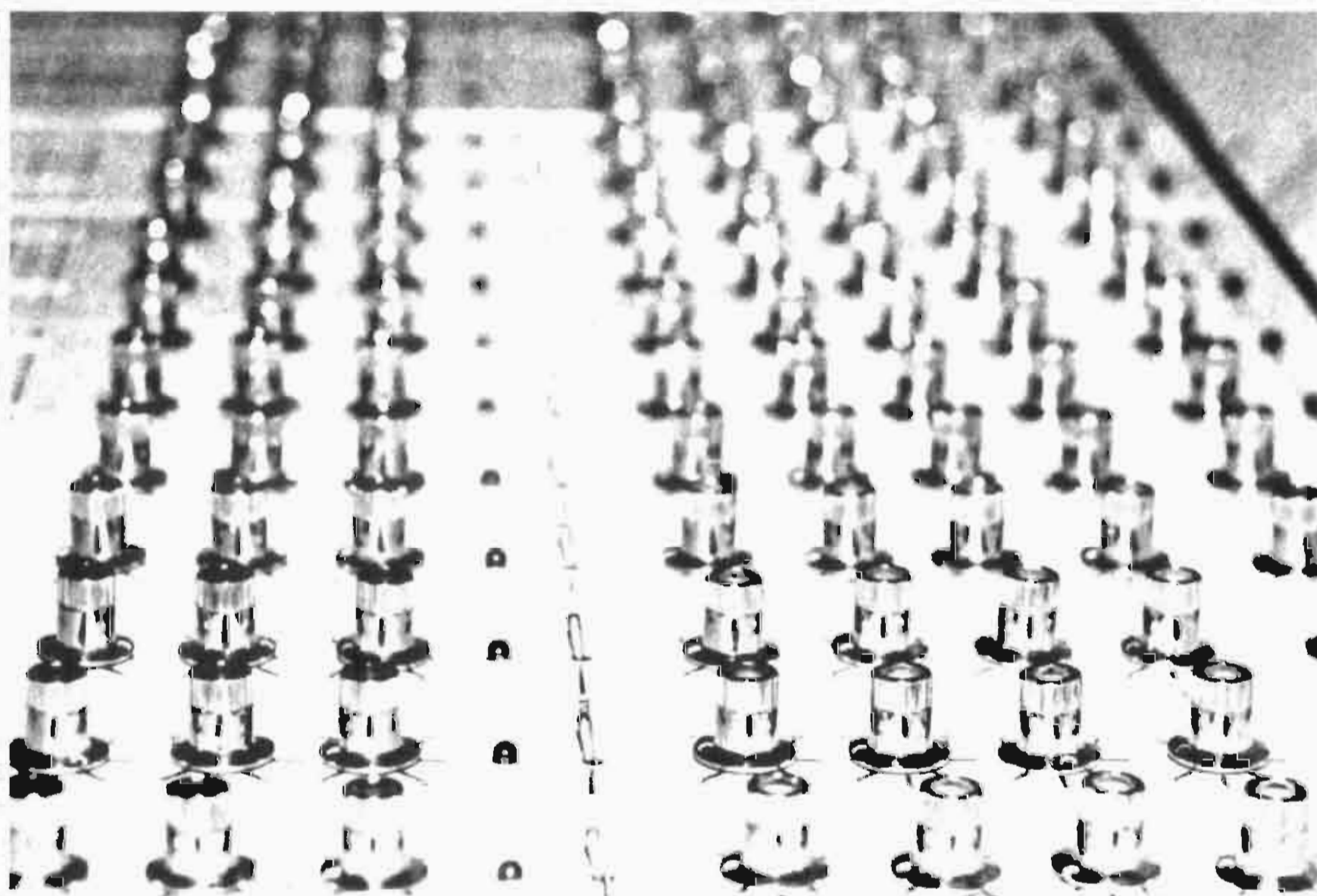
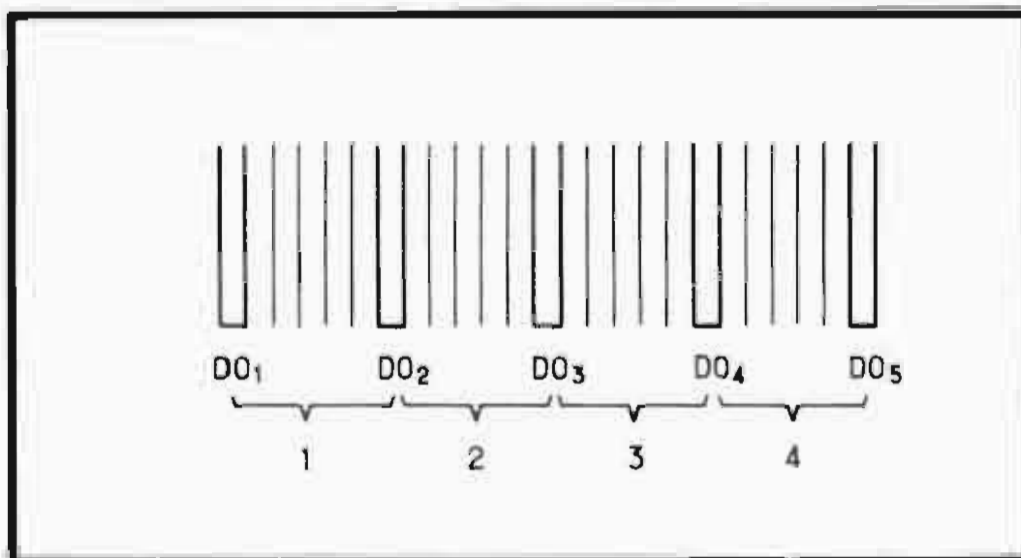
La corrente I_{RE_1} è proporzionale a

$$RE_1 + \frac{RE_0}{2} + \frac{RE_2}{2} + \frac{RE_3}{4} + \frac{RE_4}{8}$$

Più ci si allontana dalla frequenza desiderata (qui RE_1), più la percentuale d'armoniche mescolate è flebile

$$\left(\text{es.: } \frac{RE_4}{8}\right).$$

Se noi realizziamo la stessa composizione d'armoniche per ciascuna nota, noi finiremo con un montaggio che sembra molto com-

Connessioni con miscelamento d'armoniche di frequenza diversa.

Generatore Magnetic a quattro divisori di frequenza.

Un'ottava è costituita da tutte le note comprese entro due note successive dello stesso nome (per esempio da DO a DO). Nella figura in basso un mixer Montagna (Voghera). Nella pagina accanto banco di regia FDF (Rimini).

plesso, ma solo delle resistenze saranno utilizzate per questa operazione, e il prezzo di costo dell'insieme rimane basso. Si veda lo schema di generatore completo. Esso comporta tutti gli elementi che noi abbiamo visto: oscillatore, divisore, mescolanza di armoniche.

Per ben precisare le idee, studiamo questo schema indicando le particolarità che non abbiamo ancora scoperte.

Partiamo dalla sinistra dello schema:

Un oscillatore a UJT assicura l'emissione di una frequenza stabile. Il condensatore C_2 e la resistenza variabile di 22 kOhm permettono di accordare la frequenza desiderata. Il 2N2646 è caricato nella sua base B_2 per una resistenza di 680 Ohm. Ai limiti di questa resistenza sono disponibili degli impulsi negativi. I legami si fanno per mezzo dei condensatori di 4,7 nF. Il primo divisore è costituito

dai transistors T_2 e T_3 e dei componenti che li circondano.

Troviamo 4 divisori successivi piazzati in serie: i segnali dell'uno disinnestano i seguenti.

I segnali in bassa frequenza sono prelevati su ciascun flip-flop attraverso resistenze di 100 kOhm, 220 Ohm, 390 Ohm, 820 Ohm.

I segnali escono verso i contatti in 1, 2, 3, 4 ed eventualmente 5. A proposito dell'uscita 5, facciamo un ritorno verso la sinistra dello schema.

Quale è il ruolo del transistor T_{10}? Noi abbiamo visto che il segnale ai terminali del condensatore C_2 è a forma di dente di sega. Questa « rampa » è interessante da utilizzare ma ricordiamoci che, in questo punto, l'impedenza è elevata. Per utilizzare questo segnale senza perturbare l'oscillatore bisogna che ne abbassiamo l'impedenza. A questo provvede il transistor T_{10} montato in collettore comune.

L'uscita 5 non è utilizzata che poche volte, per il generatore del do all'occorrenza. Quattro ottave da do a do vuol dire 5 note do e non 4 (se la tastiera comincia per do).

Evidentemente il segnale 5 non è mescolato con dei segnali « quadrati ». Tuttavia, poiché si tratta dell'ultima nota la più acuta della tastiera, non si constata all'audizione una grande differenza con le note precedenti.

L'ultimo punto da notare in questo schema è la presenza di una resistenza di 330 kOhm connessa al condensatore C_2. È il comando del vibrato. All'entrata V arriva un segnale sinusoidale a bassa frequenza (1 a 10 Hz) che ha per effetto di far variare leggermente la frequenza dell'oscillatore da una parte e dall'altra del suo valore centrale.

IL VIBRATO

Il vibrato è un complemento molto utile in un organo. È un circuito molto semplice. Tutti gli organi elettronici, dal più piccolo al più grande, ne sono generalmente provvisti.

Questo circuito, come noi l'abbiamo visto, dà un suono leggermente modulato in frequenza.

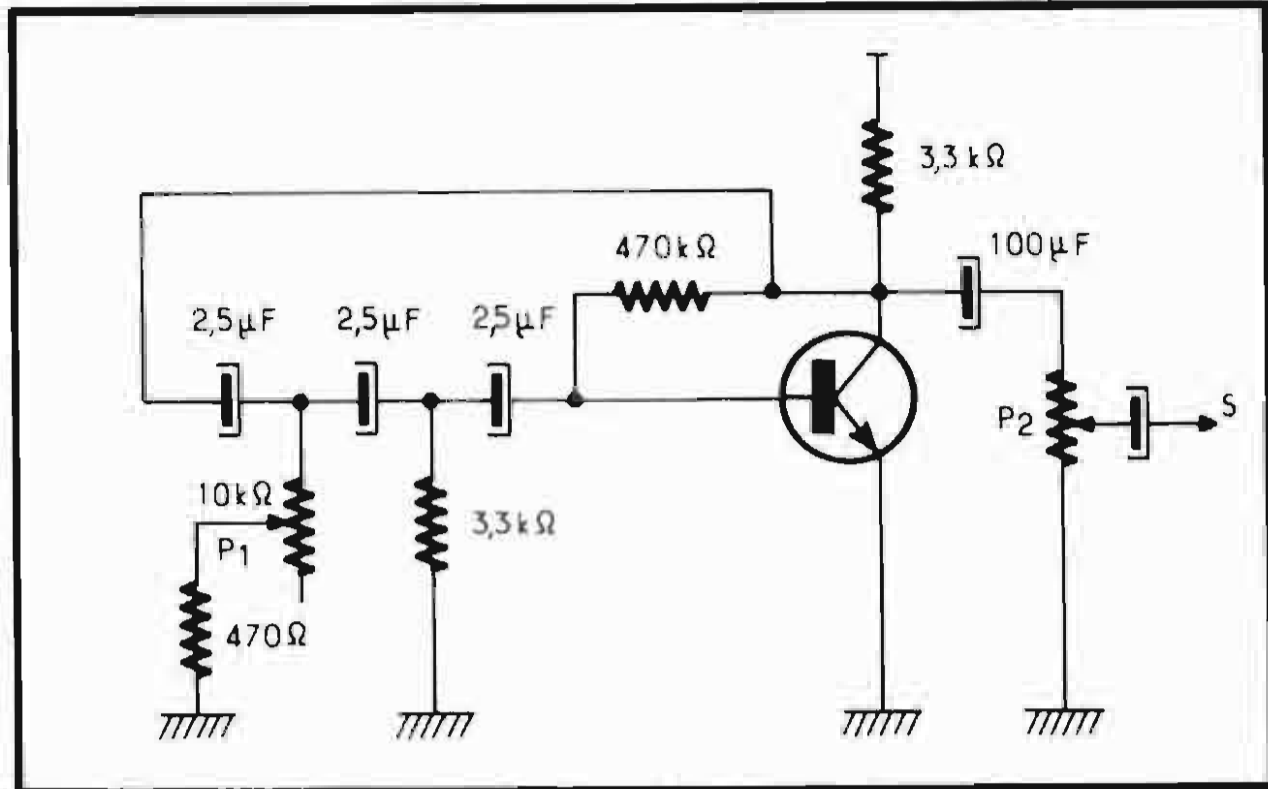
Il potenziometro P_1 permette di far variare la frequenza dell'oscillatore, dunque del vibrato. Il segnale è prelevato sul collettore dal transistor attraverso un condensatore di 100µF. La resistenza di 47 Ohm in serie con il potenziometro P_1 è una resistenza tappo. In caso di assenza, quando il potenziometro andrà verso il suo valore di resistenza nulla, l'oscillatore si staccherebbe. Per rilanciarlo, bisognerà spezzare la tensione d'alimentazione un istante !

Più il valore del potenziometro P_1 è debole più la frequenza aumenta. La gamma coperta è dell'ordine di 1 a 10 Hz. Il segnale di uscita è una sinusoide abbastanza pura quando il sistema è simmetrico.

Il potenziometro P_2 permette di far variare la profondità di modulazione. Si può anche ottenere un vibrato « leggero » o « profondo ».

La scatola dei timbri

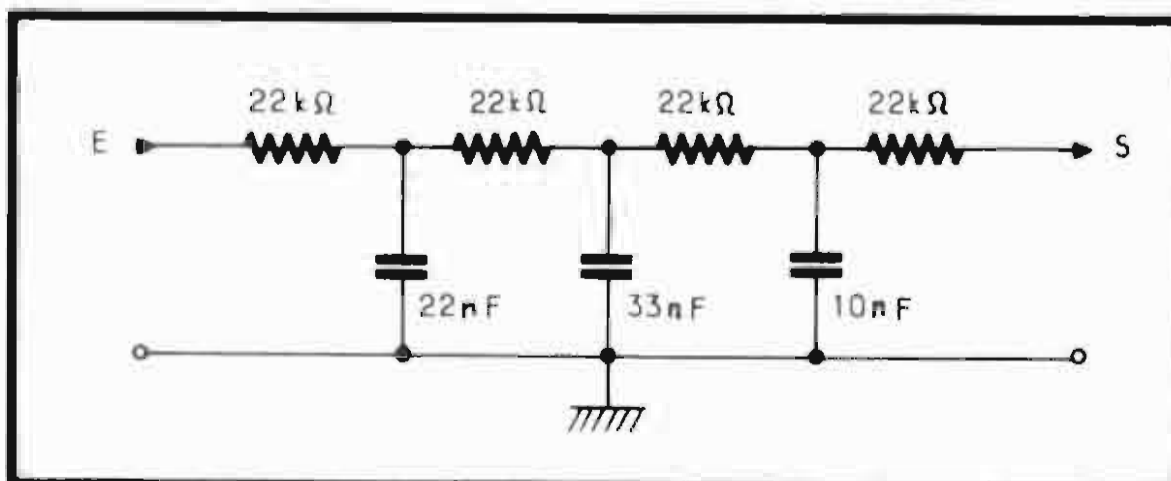
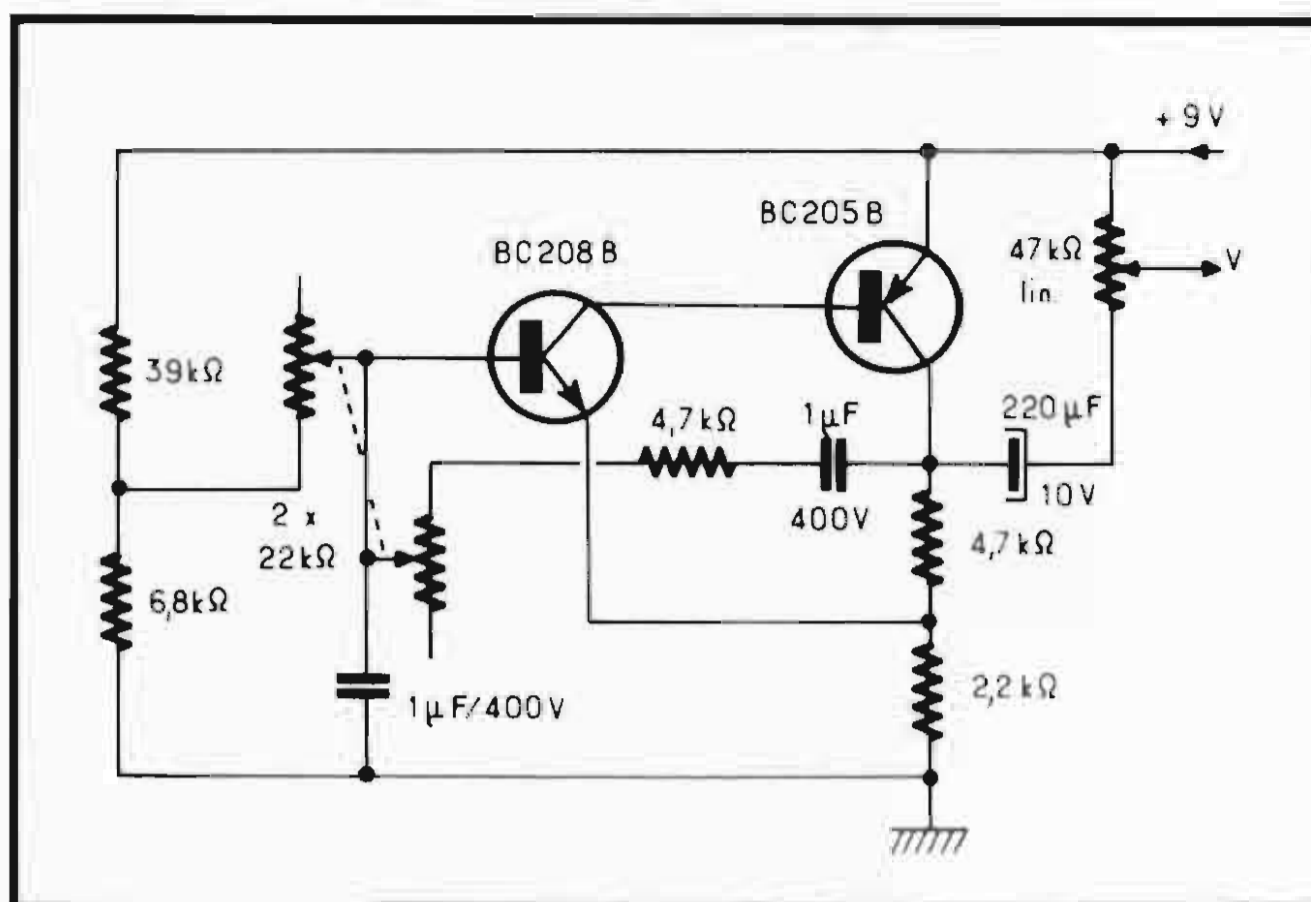
Questa denominazione non è unica... Diciamo che noi affrontiamo i circuiti del timbro (nei grandi organi si parla di giochi o di registri). Noi disponiamo di segnali che coprono una zona di fre-

Circuito per vibrato con oscillatore a sfasamento. P1 regola la frequenza, P2 la modulazione.

quenza da 30 Hz a 8 kHz circa per dei piccoli strumenti. Questi segnali hanno delle forme assai bizzarre con una tendenza verso il segnale « quadrato ». Essi sono dunque ricchi d'armoniche.

La scatola dei timbri racchiude dei circuiti che sono, sovente nei piccoli organi, dei filtri passivi.

Nel tipo di organo che noi stiamo studiando, le mescolanze d'armoniche sono realizzate in anticipo, dunque noi non abbiamo più che la possibilità di agire su delle bande di frequenza e sulla forma dei segnali. Non potremo sopprimere certi ranghi d'armoniche facilmente.

Gli strumenti di base sono: il flauto, il diapason, l'oboe, la tromba, il clarinetto, le corde.

Il flauto è il suono più dolce, serve da suono di fondo ed è dunque il più sovente fissato sulle frequenze basse. Povero di armoniche, il flauto presenta una curva quasi sinusoidale. Vediamo un esempio di filtro resistenza-capacità molto semplice. Si tratta di un filtro degli acuti. Esso « spezza » severamente le armoniche pari e dispari di rango elevato. La risposta del filtro sarà media in base

Filtro per flauto.

Vibrato a due transistor. Magnetic.

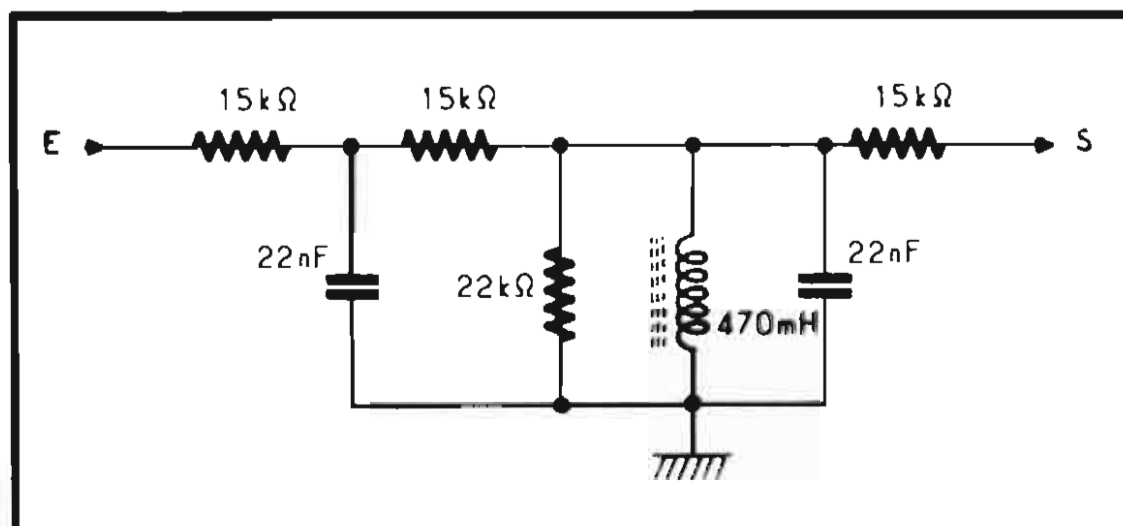
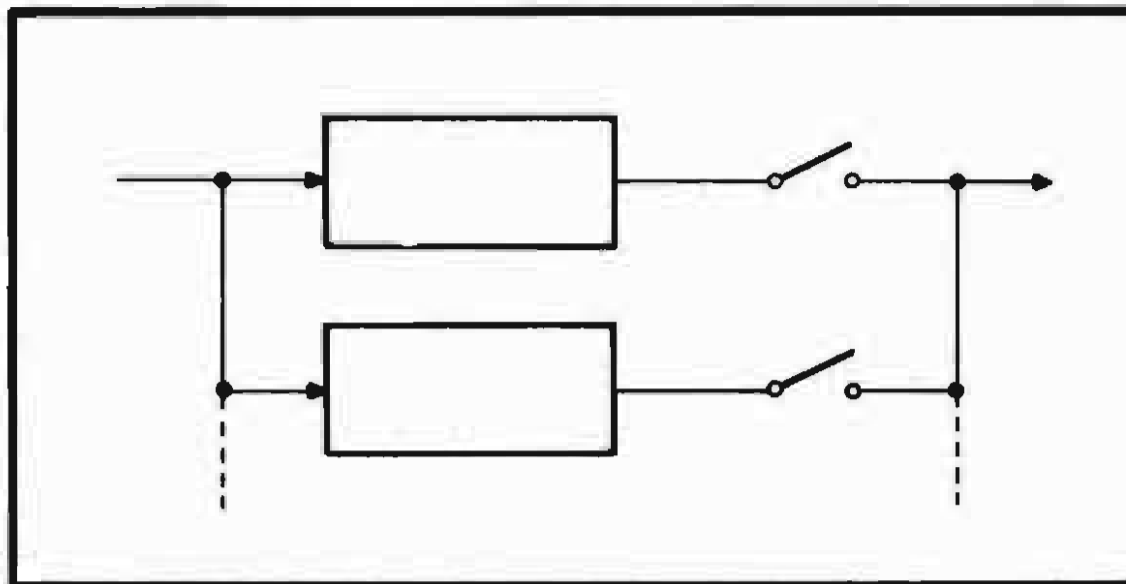
di gamma ma quasi perfetta verso gli estremi. Questo filtro è valido soprattutto per dei segnali a dente di sega.

Il « diapason » dà una sonorità identica al flauto ma con delle armoniche di rango 2. Noi non possiamo separare facilmente le armoniche. Risolviamo il problema riprendendo il filtro del flauto ma con i valori di capacità più bassi, al fine di smussare di meno le frequenze elevate.

Gli oboi, i clarinetti, le trombe sono caratterizzate essenzialmente per il loro timbro da cui il loro spettro di frequenza. Per ciascuno di questi strumenti, è preferibile una certa banda di frequenza. Nel nostro filtro, noi dobbiamo nello stesso modo privilegiare una banda di frequenza, rispettando certe componenti.

Facciamo sempre appello a dei filtri degli acuti o dei bassi ma in più, è spesso utilizzato un circuito semplice ben conosciuto per il suo comportamento: il circuito risonante. Un induttore ed un condensatore in parallelo presentano un'impedenza che è funzione della frequenza che le attraversa.

La formula ben conosciuta:

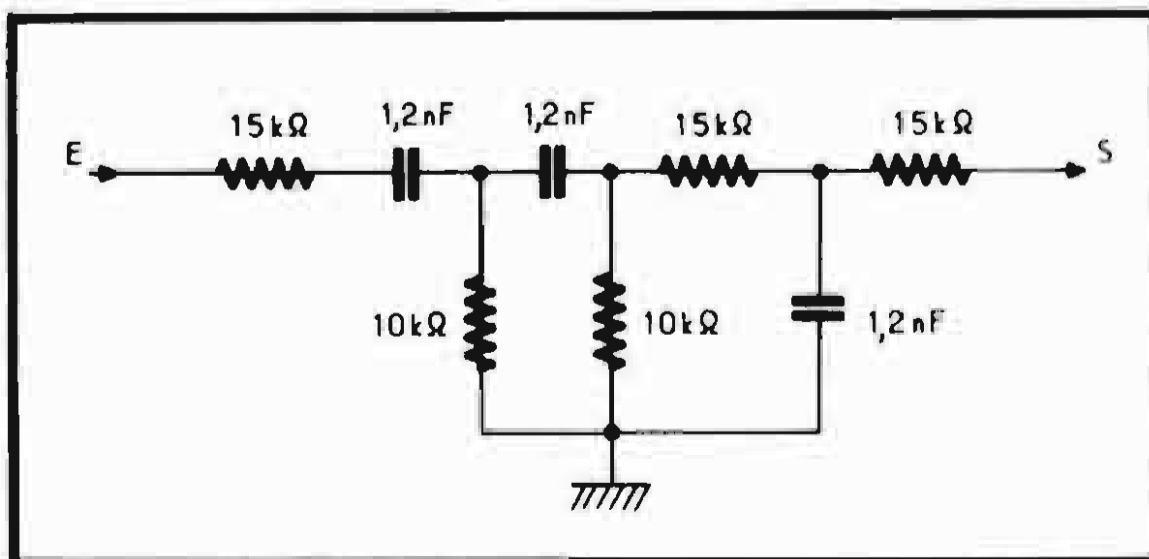
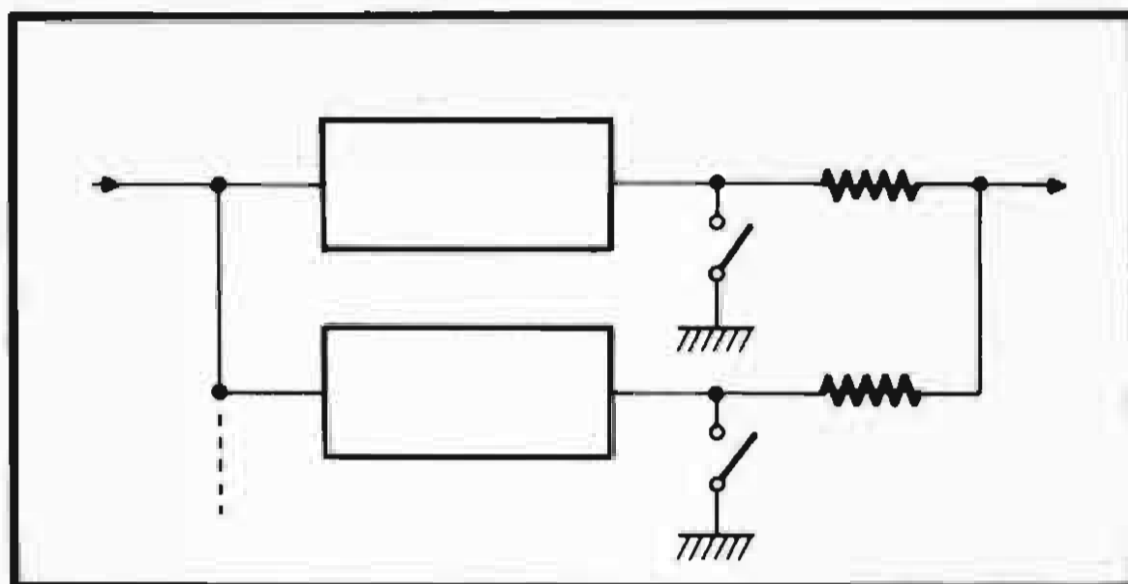
Filtro per clarinetto.

Filtri: commutazione serie.

$$N_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

ove L è il valore dell'induttore, C è il valore del condensatore.

Alla frequenza N_0, il circuito presenta un'impedenza massima. A mano a mano che si scarta di N_0 in più o in meno, l'impedenza diminuisce secondo una legge esponenziale.

Un filtro classico di clarinetto: l'induttore è ammortizzato con una resistenza di 22 kOhm. Questo circuito è da usare per segnali rettangolari che sono abbastanza poveri d'armoniche di rango pari.

Le corde sono caratterizzate da molte armoniche di rango elevato, poco d'armoniche di rango basso. Noi utilizzeremo dunque un filtro dei bassi: il più semplice di questo filtro potrebbe essere un condensatore di debole valore. Per essere omogeneo su tutta la distesa del registro, converrà realizzare una combinazione di filtri dei bassi e degli alti.

Una scatola di timbri racchiude un certo numero di questi filtri. Si incontrano generalmente almeno 4 timbri differenti ma quasi mai più di 8.

Filtro passivo a resistenza e capacità.

Filtri: commutazione parallelo.

Formazione dei suoni: bisogna poter chiamare questi suoni separatamente o insieme. Otteniamo così un numero importante di combinazioni possibili. Tuttavia c'è da notare che generalmente le sonorità più gradevoli sono ottenute commutando due o tre filtri.

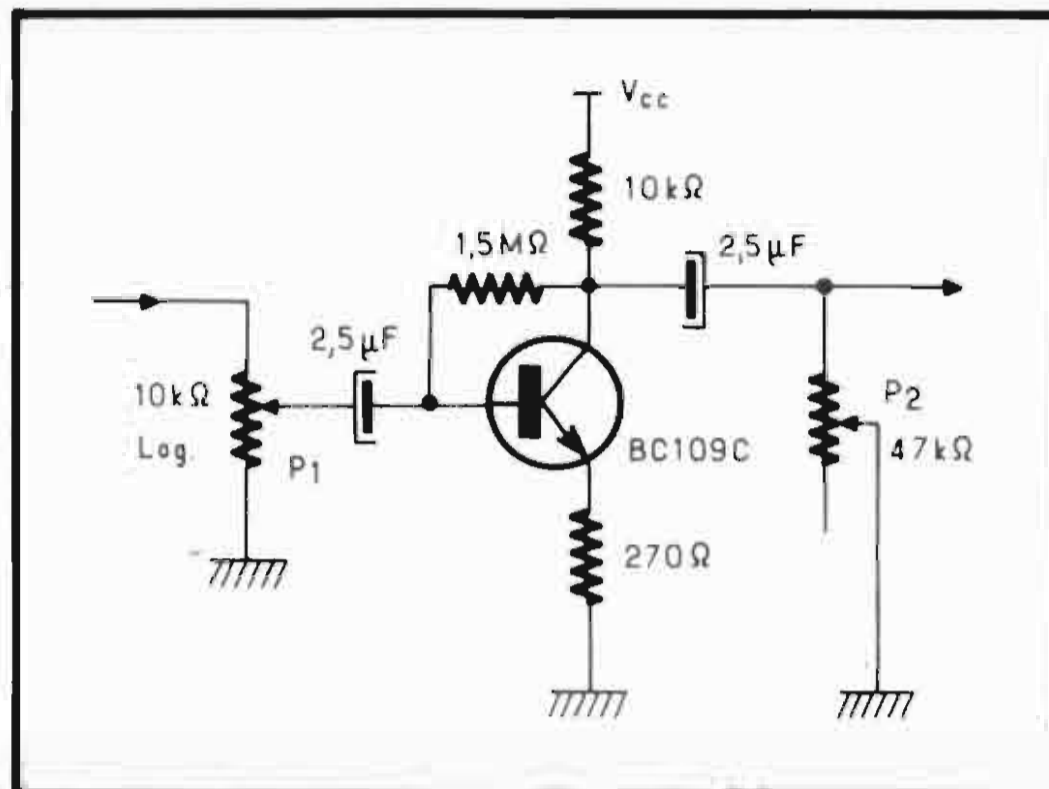
Due soluzioni sono possibili per commutare questi filtri: generalmente un interruttore a un contatto-lavoro assicura questa funzione.

Prima soluzione: commutazione in serie.

Seconda soluzione: commutazione in parallelo.

In generale, i costruttori preferiscono la soluzione commutazione in parallelo. In effetti, l'inconveniente della commutazione in serie è che, quando l'interruttore è aperto, l'impedenza della linea è elevata. Si preferisce dunque rinviare il segnale non utilizzato alla massa.

Una scatola di timbri comporta un certo numero di filtri messi in servizio da dei commutatori. Infatti i filtri hanno sovente delle parti comuni fra essi e l'analisi di un qualsivoglia schema lo conferma.

Sintetizzatore FBT, Recanati.

Preamplificatore con transistor a forte guadagno.

Il preamplificatore

La necessità di un preamplificatore è dettata da due considerazioni:

— il segnale in uscita dalla scatola dei timbri è attenuato dai differenti filtri;

— la necessità di un pedale d'espressione che costituisce una seconda attenuazione.

Noi amplifichiamo dunque il segnale con un preamplificatore a risposta lineare. In figura un esempio semplice di preamplificatore.

L'elemento amplificatore è un transistor BC 109 C, a forte guadagno e debole rumore di fondo. Un tale elemento permette di ottenere dalla cellula d'amplificazione un guadagno importante.

Il potenziometro P_1 permette di dosare il livello massimo che si desidera ottenere.

Il potenziometro P_2 è azionato meccanicamente dal pedale di espressione (se ne trova in commercio a prezzi modici).

L'amplificatore

Non insisteremo su questo elemento che è classico. Bisogna utilizzare un buon amplificatore a bassa frequenza lineare d'una potenza di 5 watts al minimo.

La figura mostra un montaggio classico che funziona a colpo sicuro, e non presenta delle difficoltà di messa a punto.

Regoleremo il potenziometro per ottenere a metà uscita una

tensione uguale alla metà della tensione d'alimentazione.

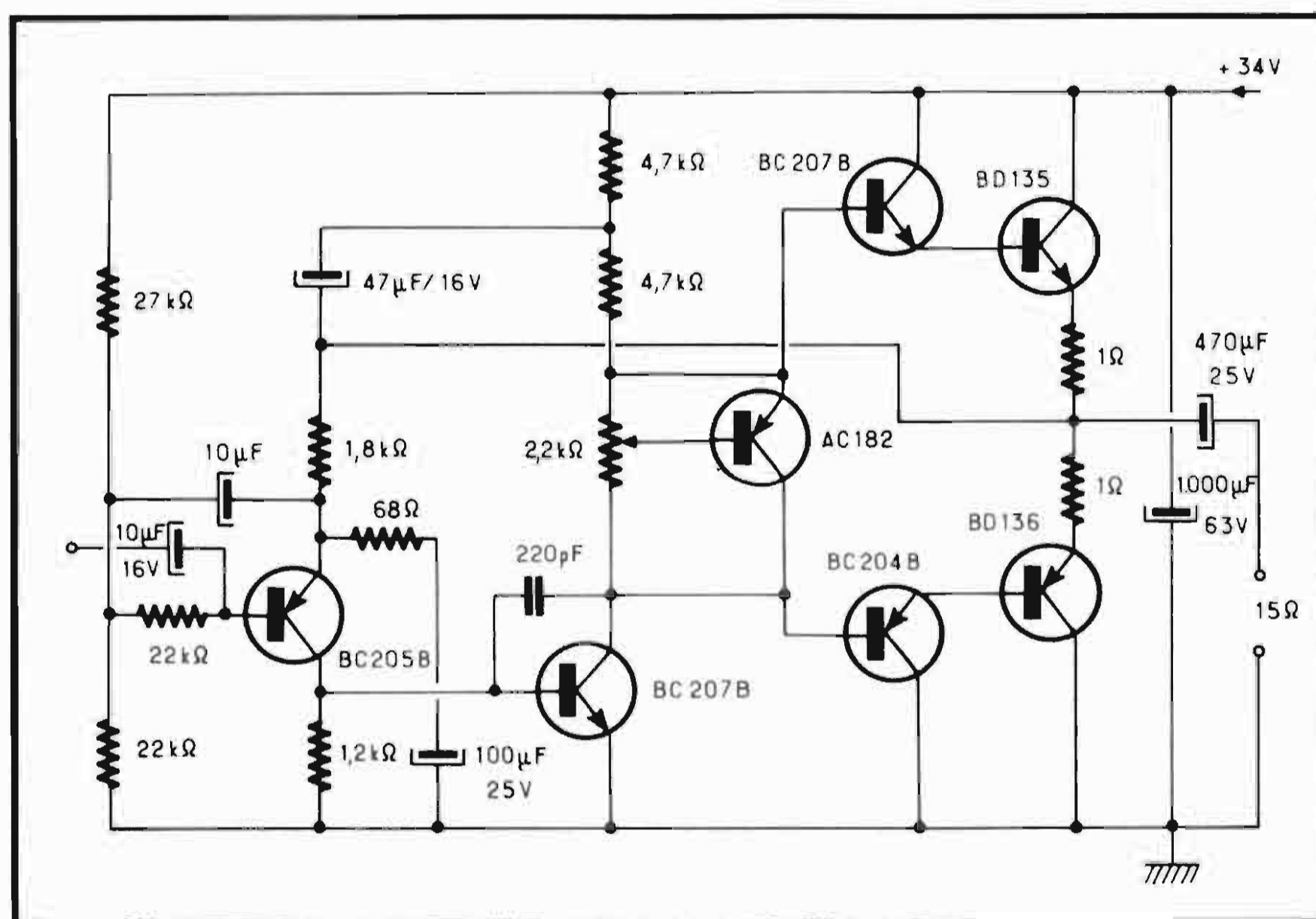
È evidente che i due transistors d'uscita devono essere montati su dei radiatori.

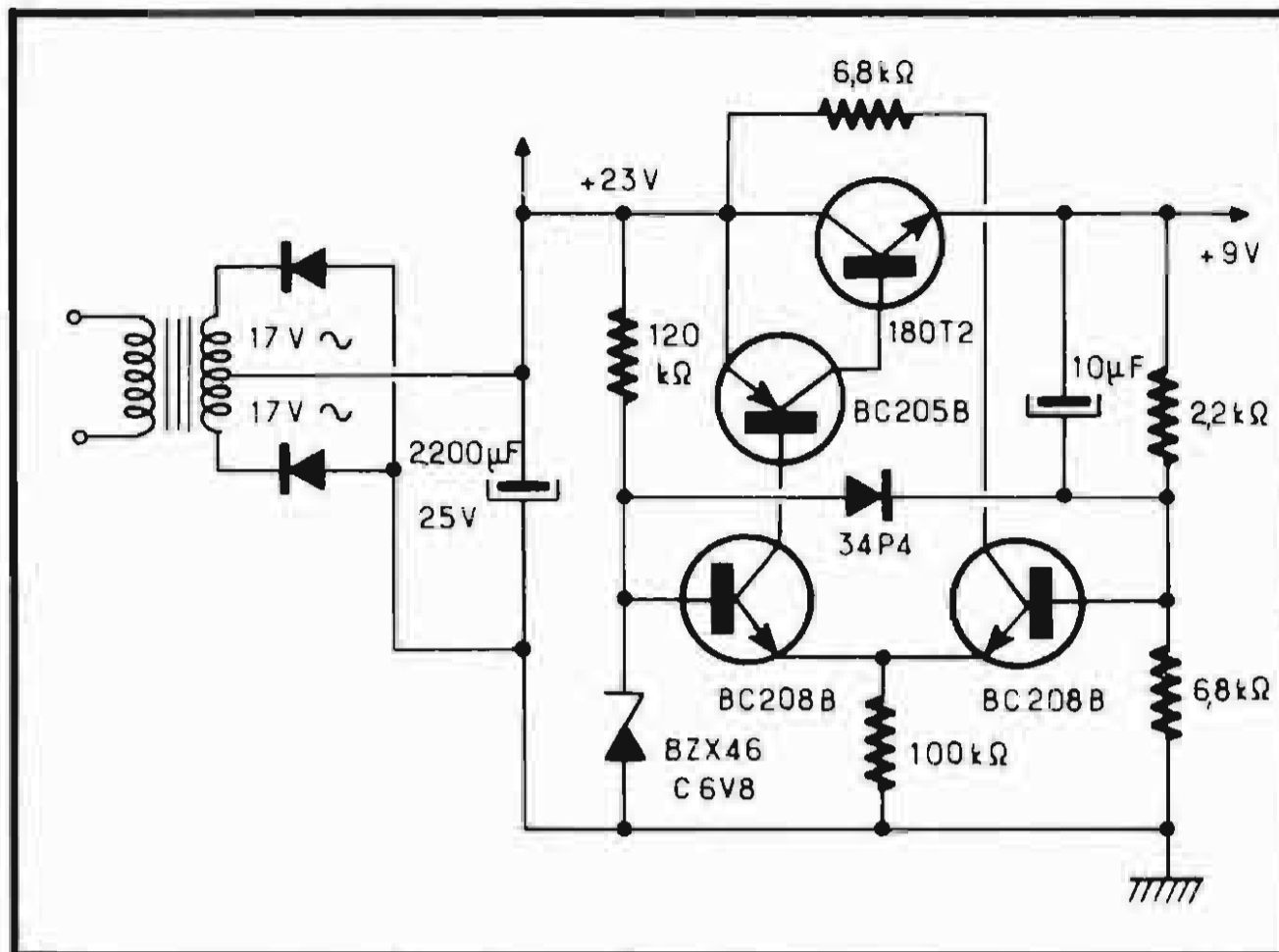
Diremo una parola sugli altoparlanti a larga banda. Questi ultimi dovranno essere largamente calcolati in potenza per rapporto alla potenza dell'amplificatore. Essi dovranno sopportare una dinamica importante soprattutto nelle basse frequenze.

Ultimo punto: l'alimentazione. Nulla di particolare è da segnalare a questo riguardo. L'energia richiesta è modesta, l'alimentazione è dunque incorporabile nello strumento.

Due tensioni sono generalmente necessarie:

— la tensione di alimentazione dell'amplificatore;
— la tensione d'alimentazione degli altri circuiti.

Queste tensioni devono essere continue filtrate. Non è necessario, al contrario, stabilire la tensione d'alimentazione dell'ampli-

Amplificatore audio a sette transistor.

ficatore. Al limite, noi possiamo anche alimentare gli altri circuiti per semplice filtraggio individuale condensatore-resistenza ma è meglio stabilizzare questa seconda tensione perché la stabilità in frequenza degli oscillatori dipende in parte da quella loro tensione d'alimentazione.

Schema di alimentatore stabilizzato: due uscite per l'amplificatore audio e per i rimanenti circuiti.

I montaggi che permettono di stabilizzare una tensione sono numerosi. Si tratta inoltre di circuiti largamente conosciuti.

La figura dà un montaggio classico d'alimentazione che conviene perfettamente a questo genere d'applicazione.

Questo alimentatore fornisce, a partire da un trasformatore, una tensione di +23 V filtrata, destinata all'amplificatore ed una tensione di +9 V stabilizzata per gli altri circuiti.

L'ACCOMPAGNAMENTO

Una possibilità semplice che si incontra assai sovente è l'ottava di accompagnamento. L'astuzia consiste nel rendere un'ottava sulla tastiera, quella di sinistra, propria ad un accompagnamento grave e profondo. Si può allora a volontà, commutare oppure no questa ottava in accompagnamento.

Supponiamo che la nota che si suona normalmente in questo basso di gamma sia spostata di un'ottava: evidentemente otterremo l'effetto desiderato. È sufficiente dunque che la frequenza emessa dalla nota suonata sia divisa per due. Ciò è fattibile perché i segnali che arrivano sui contatti del tasto sono dei segnali quadrati usciti dal divisore. Questi segnali sono dunque adatti ad azionare un nuovo divisore. D'altra parte, quando si realizza un accordo d'accompagnamento con la mano sinistra, è sufficiente che la prima nota dell'accordo (il do di do, mi, sol per es.) emetta la frequenza d'accompagnamento bassa perché questa ottava emette sempre il suo registro polifonico normale.

Ciò vale a dire che la sonorità d'accompagnamento può essere monodica a condizione che la prima nota sia, quale ne sia l'accordo, la nota pilota dell'accompagnamento.

I sistemi automatici

Parleremo ora di un argomento che interesserà particolarmente coloro, fra i lettori, che non posseggono una pratica sufficiente a consentire loro di ottenere dal proprio organo i grandi effetti che essi desiderano.

Ci sembra tuttavia necessario insistere su di un punto importante: dire automatismo è dire ripetitività. Per l'orecchio, come sappiamo, ripetitività vuol dire sgradevolezza e fatica. È perciò essenziale, in qualsivoglia sistema automatico, prevedere il massimo dei mezzi possibili per interrompere la immutabilità del suono.

Diciamo pure che un buon sistema automatico è motivo di gioia per l'amatore dilettante, ancora un po' in difficoltà con la mano sinistra ed i piedi. Gli evita ore ed ore di noiose esercitazioni prima di poter arrivare a suonare più o meno correttamente l'aria che desidera eseguire.

Una volta, la misura veniva fissata da un metronomo. Oggi, la possiamo ottenere con sistemi elettronici che ci danno non solo la misura, ma anche il ritmo.

Si tratta delle batterie elettroniche, le quali rimpiazzano gli strumenti di percussione.

Desiderate un valzer? Premete un pulsante e la cosa è fatta. Preferite un rock? Un altro bottone ed eccone il ritmo!

Ma allora, visto che disponiamo del ritmo, perché non andare

ancora più in là, e ritmare anche l'accompagnamento della mano sinistra? Meglio ancora: la pedaliera, sincronizzata sullo stesso ritmo, sostituisce il contrabbassista!

Alcuni strumenti permettono addirittura di evitare di realizzare gli accordi sulla tastiera: è sufficiente suonare la prima nota dell'accordo, e questo viene automaticamente realizzato.

Ma fermiamoci qui, ed entriamo nei dettagli dopo aver riassunto la possibilità di automatismi in ordine crescente.

Batteria normale

Qui non possiamo parlare di automatismi. Alcuni circuiti generano percussioni (bongo, piatti, ecc.); l'organista dispone di tasti a contatti per l'azionamento. In quelle semiautomatiche non abbiamo un vero ritmo automatico. Vi sono tuttavia a disposizione degli strumenti, che lo strumentista può affiancare al suono della tastiera o a quello dell'accompagnamento. In questo modo, quando si preme un tasto sulla tastiera, udiamo nello stesso tempo, per esempio, un colpo di percussione.

Questo sistema è molto apprezzato da buoni organisti che non amano essere delimitati da un ritmo automatico prefissato. Permette infatti, ad adattamento effettuato, di dare l'impressione che un percussionista lo accompagni.

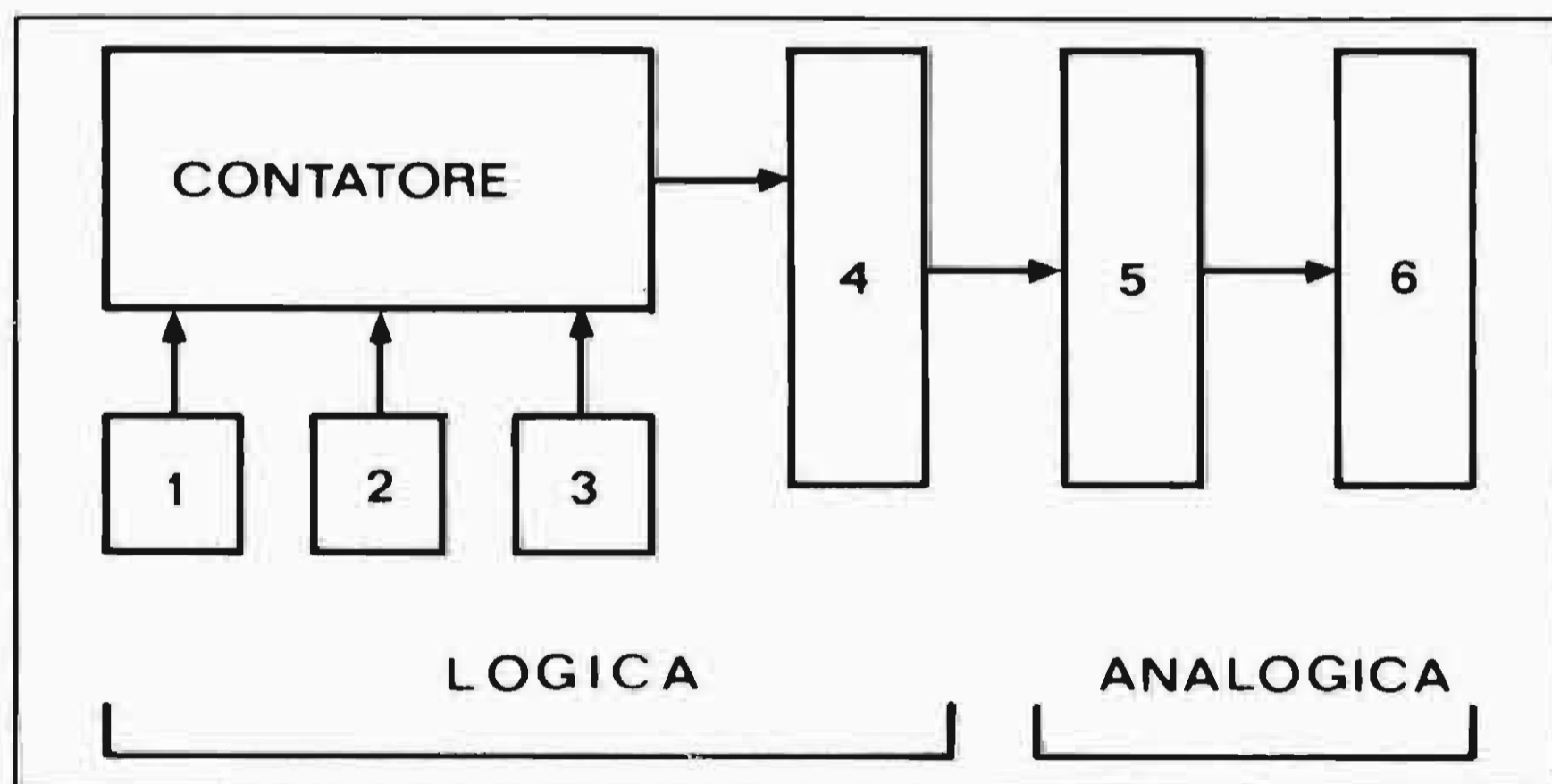
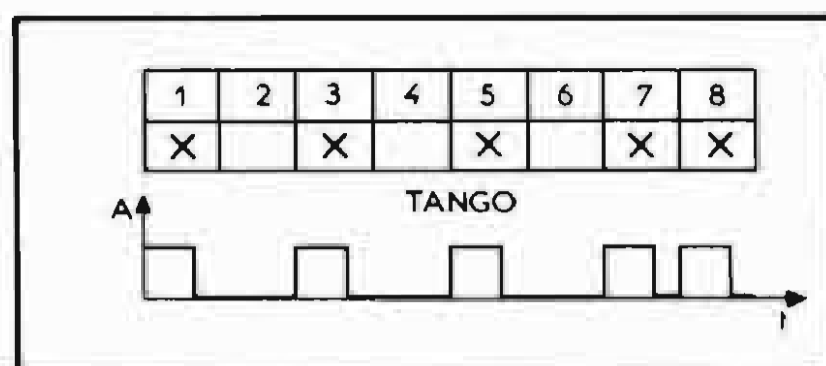
Si hanno qui a disposizione, generalmente, tre o quattro diversi strumenti.

Batteria automatica

Un sistema sequenziale interno aziona gli strumenti in funzione del ritmo prescelto. Esistono batterie dotate da 3 fino a 8 strumenti, e da 5 fino a 15 ritmi diversi. Anche più.

Non dimentichiamo che una batteria automatica può essere resa eventualmente manuale e/o semi-automatica. Quelle elettroniche sono generalmente alla base di tutto il sistema automatico. Attualmente, possiamo trovare sia batterie indipendenti, sia batterie (nella maggior parte dei casi) integrate all'organo stesso.

La batteria elettronica è dunque concepita per sostituire il percussionista ed i suoi strumenti. Essa comporterà quindi due parti ben distinte:

— i diversi strumenti: gran cassa, rullante, tam-tam, bongo, piatti, triangolo, legni ecc.;
— un sistema logico che rimpiazza il batterista: questo dà il ritmo e aziona gli strumenti al momento opportuno. In realtà, ogni strumento emette una data sonorità a condizione che la si stimoli. Il percussionista stimola questi strumenti secondo un

Schema a blocchi di una batteria: 1. tastiera, 2. oscillatore, 3. sincro, 4. decoder, 5. strumenti, 6. amplificatore.

Analisi di un ritmo:
in basso il treno di impulsi
corrispondente.

ordine determinato, ed in momenti che sono dei multipli di un intervallo di tempo elementare (più o meno quello dell'errore umano!).

Vediamo nello schema il funzionamento generale di una batteria elettronica:

— a sinistra una parte logica: la sequenziale;
— a destra una parte analogica: il generatore degli strumenti ed il preamplificatore.

Prima di studiare più approfonditamente questo schema, prendiamo un semplice esempio: un ritmo a 4 tempi, il tango.

Lo si può realizzare molto semplicemente con un solo strumento: il rullante.

A	B	C	S
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	1	1

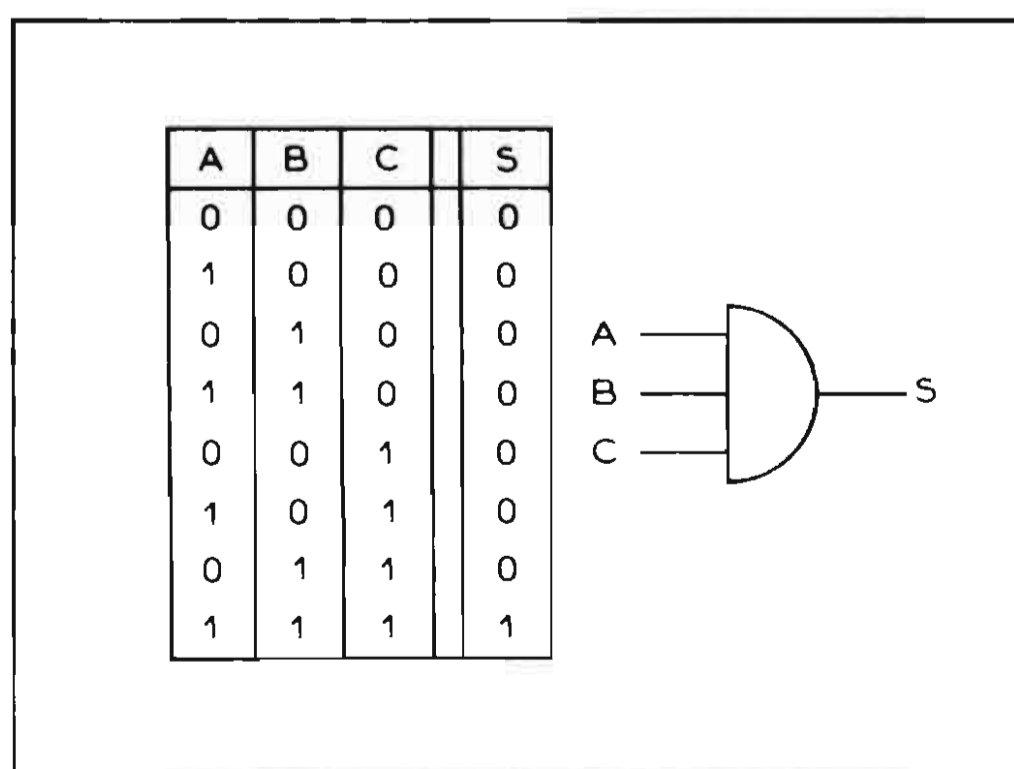
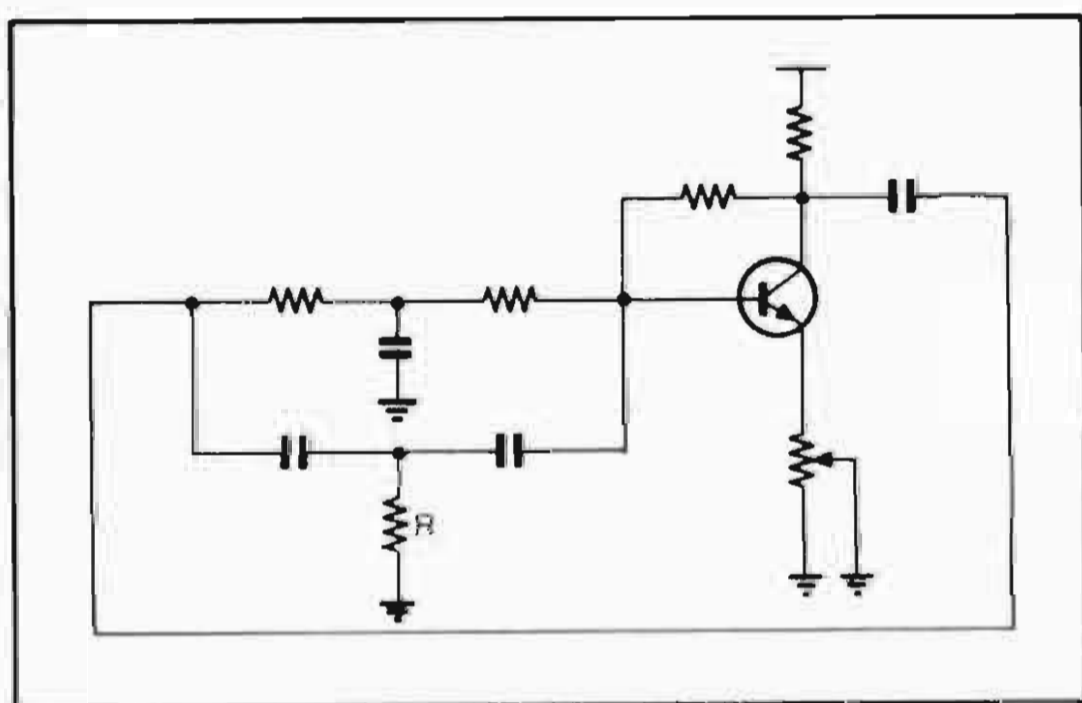
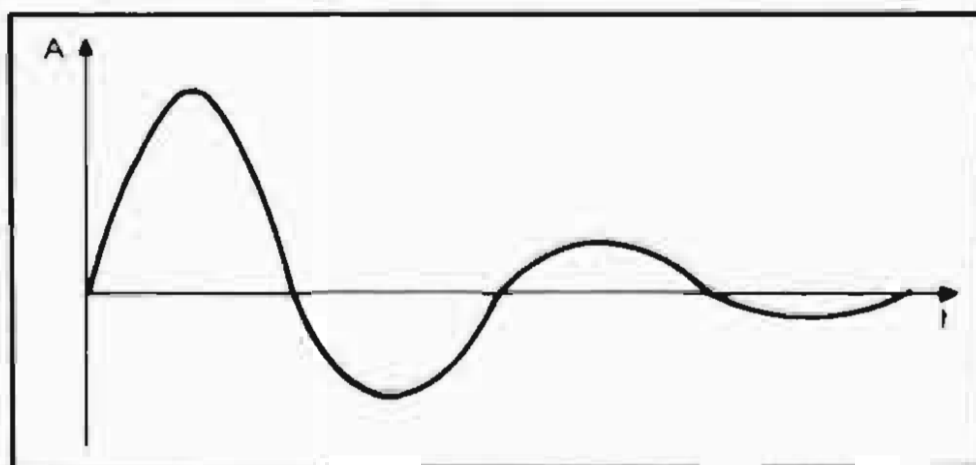



Tabella della verità
di un circuito contatore.

Forma d'onda del tipo sinusoidale smorzato.

Schema di base di un oscillatore bloccato che realizza la forma d'onda (vedi in alto).

Vediamo i momenti in cui questo strumento verrà chiamato da un sequenziale a 8 tempi per dare un ritmo di tango. Il rullante deve essere chiamato ai tempi 1-3-5-7-8. Potremmo anche disporre di un sequenziale a 16 o 32 momenti. L'importante è che il numero dei momenti sia un multiplo di 4, poiché il tango è un ritmo a 4 tempi.

Ritorniamo allo schema sinottico.

Troviamo in primo luogo un oscillatore. Questo emette degli impulsi a intervalli di tempo uguali.

Gli impulsi azionano in seguito un contatore. Un circuito decodifica fornisce 8, 16 o 32 momenti.

Come si ottengono 8, 16, 32 momenti?

Un contatore è come un insieme di bilanceri messi in serie. Supponiamo in questo caso che i bilanceri in serie siano 3: si veda la tabella delle uscite di ABC per ogni impulso dell'oscillatore. Troviamo quindi otto possibili stati. Il ruolo del decodificatore è quello di distinguere questi otto stati fra di loro.

All'uscita della matrice di decodificazione disponiamo di otto impulsi corrispondenti ad otto momenti disponibili. Occorre subito formare gli insiemi d'impulsi che comandano direttamente lo scatto degli strumenti.

Organo Yamaha con sintetizzatore modello CSY 2 E.

Costruiremo in questo modo tutti i sistemi d'impulsi di cui avremo bisogno, per tutti i ritmi e tutti gli strumenti.

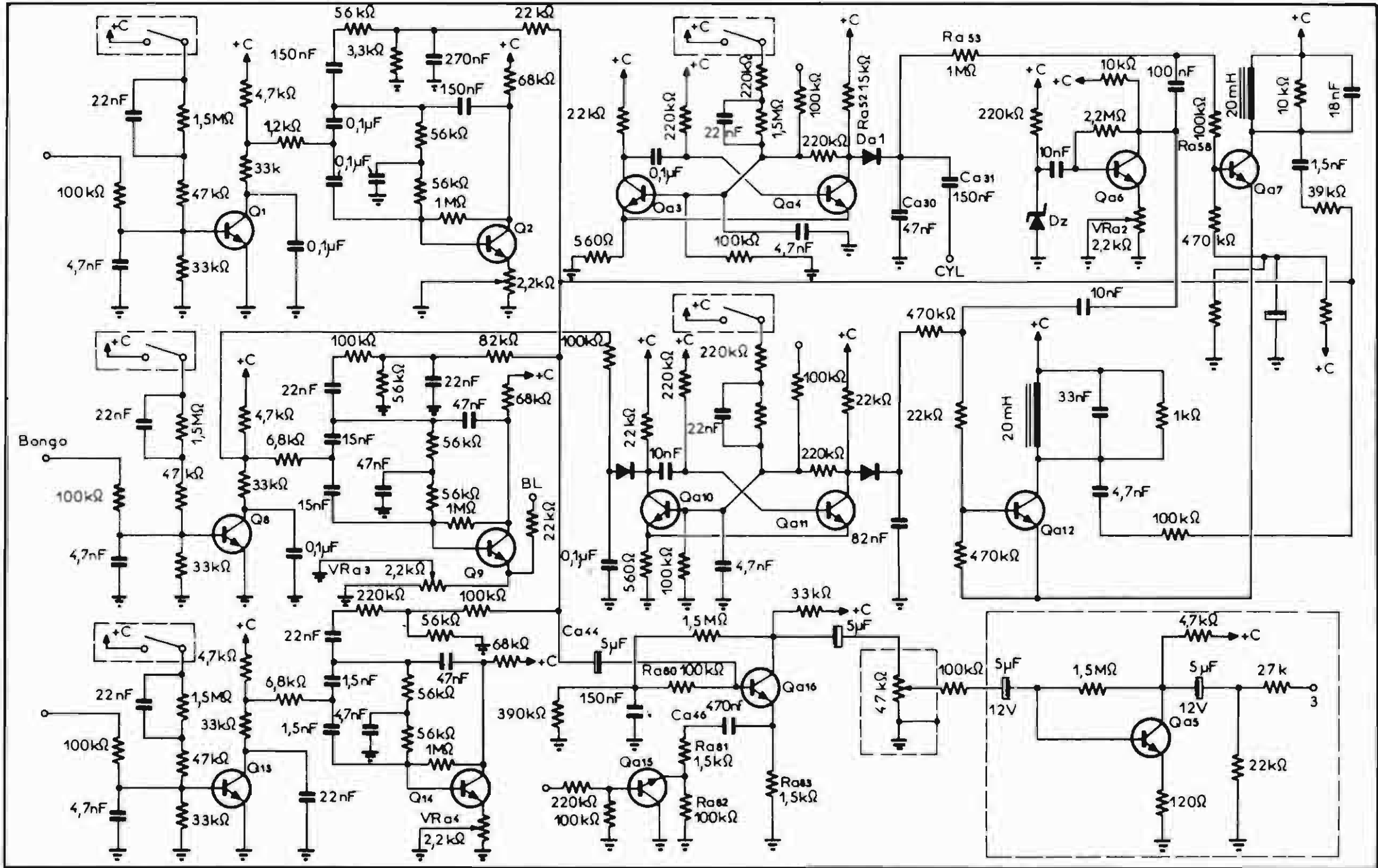
Si potrà a prima vista pensare che ce n'è un'infinità. In effetti, esistono astuzie particolari per semplificare il tutto. Abbiamo dunque tanti commutatori quanti sono i ritmi possibili. Ogni commutatore ha il compito di azionare il sistema di impulsi sugli strumenti desiderati. Il numero di commutazioni per ogni contatto è in funzione del numero di strumenti che intervengono per ogni ritmo.

Non è raro trovare in una buona batteria commutatori a sei contatti per tasto (a meno che le commutazioni o non avvengano elettronicamente, come per le tastiere d'organo).

Passiamo ora alla parte analogica della batteria. Occorre qui creare le sonorità degli strumenti che ci necessitano. Queste sonorità non devono comparire se non su chiamata del sequenziale. Tutti gli strumenti del tipo della grancassa, rullante, bongo, legni, sono realizzati secondo lo stesso principio. I piatti, le maracas e le spazzole vengono invece ottenuti partendo dal « suono bianco ».

Infine, essendo i livelli d'uscita di questi strumenti piuttosto deboli, occorre preamplificare il segnale per mezzo di un preamplificatore.

Gli strumenti tipo grancassa, tam-tam, legni sono generati, nella

Schema di una batteria elettronica (Farfisa).

maggior parte dei casi, partendo da un circuito che realizzi un filtro a doppia T sistemato in un circuito amplificatore. Un simile circuito, per un valore minimale della resistenza dell'emittore, si mette ad oscillare ad una frequenza determinata dal filtro a doppia T.

Se lo si tiene al limite d'ingresso in oscillazione, e si fa scattare l'oscillatore con un impulso, si ottiene una sinusoide smorzata. Se la frequenza di questa curva viene scelta convenientemente, si ottengono praticamente le sonorità desiderate. Si può migliorare ancora il timbro applicando un filtro passivo supplementare.

Come azionare questo circuito con gli impulsi provenienti dal sequenziale?

Pedale per Waah-Waah (FBT).

Pedale per distorsore (FBT).

Molto semplicemente, considerando per esempio che la resistenza R invece di essere collegata direttamente alla massa, può venir sollecitata con l'impulso del sequenziale. Più frequentemente ciò viene realizzato per mezzo di un transistor. Vediamo uno schema Farfisa completo di strumenti a percussione con il preamplificatore d'uscita in basso a destra. In alto a sinistra, abbiamo il circuito della grancassa, così come ne abbiamo appena descritto il principio: l'impulso del sequenziale arriva sul transistor Q1, che mette allora in contatto la resistenza del filtro a doppia T da 1,2 kOhm + 33 kOhm alla massa. Il circuito formato con Q2 inizia ad oscillare. La sinusoide smorzata viene raccolta e fatta passare in un filtro passivo. La linea tratteggiata rappresenta il commutatore che permette di azionare manualmente questo strumento.

Un secondo circuito dello stesso tipo genera il bongo ed una parte del rullante. In effetti, il rullante è composto per una parte da un piccolo tamburo, e per l'altra da un insieme di molle che, sistemate a contatto della pelle inferiore, genera un suono metallico.

Questo suono verrà ottenuto a parte partendo dal « suono bianco ».

Il circuito del bongo ha dei condensatori di valore inferiore rispetto a quelli della grancassa. Infatti, il bongo ha un suono meno grave della grancassa: la sinusoide smorzata deve quindi avere una frequenza più elevata. Più l'oscillatore è regolato vicino al punto d'entrata in oscillazione (potenziometro regolabile) più la sinusoide verrà smorzata lentamente, e quindi, più sarà pronunciato l'effetto di risonanza.

Il bongo deve avere una risonanza molto pronunciata, il tamburo del rullante di meno. Tuttavia essi possono risuonare alla medesima frequenza.

È possibile dunque economizzare un circuito, partendo dal principio che il bongo non suona mai nello stesso tempo del rullante in uno stesso ritmo. Per ottenere la sonorità bongo, è quindi sufficiente mettere in parallelo sul potenziometro regolabile dell'emittore una resistenza. Ne risulterà un valore globale di resistenza d'emissione più debole, dunque un accordo più acuto del filtro attivo.

Il terzo ed ultimo circuito di questo genere è il circuito legni.

Identico ai precedenti, fornisce una sinusoide smorzata a frequenza molto più elevata.

SPAZZOLE E MARACAS

I sonogrammi dei diversi tipi di piatti hanno una estensione dello spettro coperto assai grande. Un mezzo semplice per giungere a questo risultato è l'utilizzazione del suono bianco.

Sappiamo che i semiconduttori sono generatori di suono bianco. Un diodo zener è quanto occorre alla nostra realizzazione. Tuttavia, il livello del suono è molto debole, ed è necessario amplificarlo, come vediamo nello schema di principio.

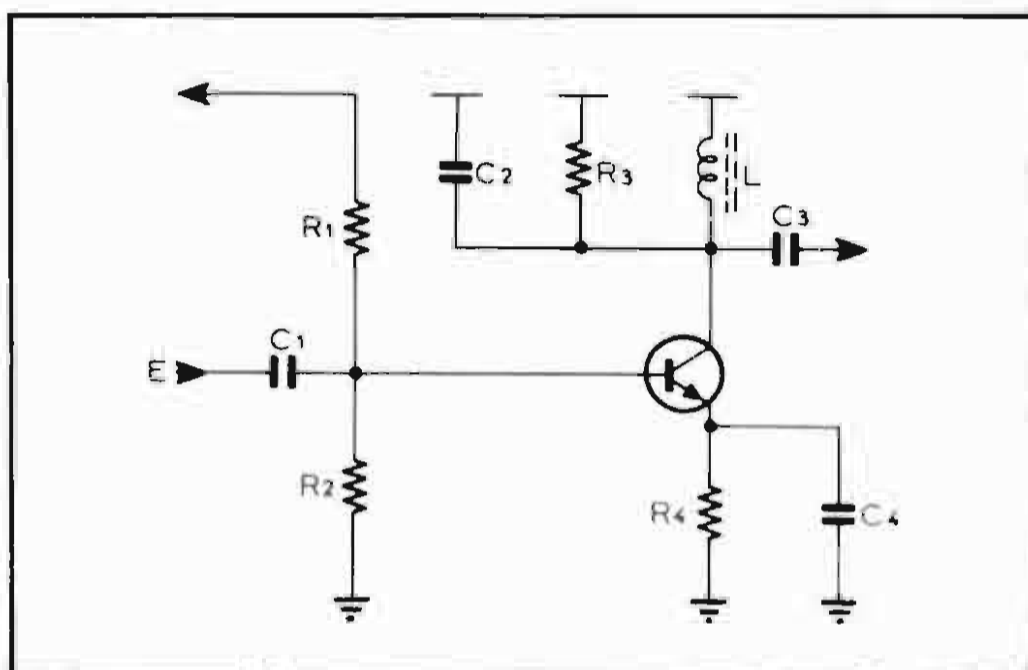
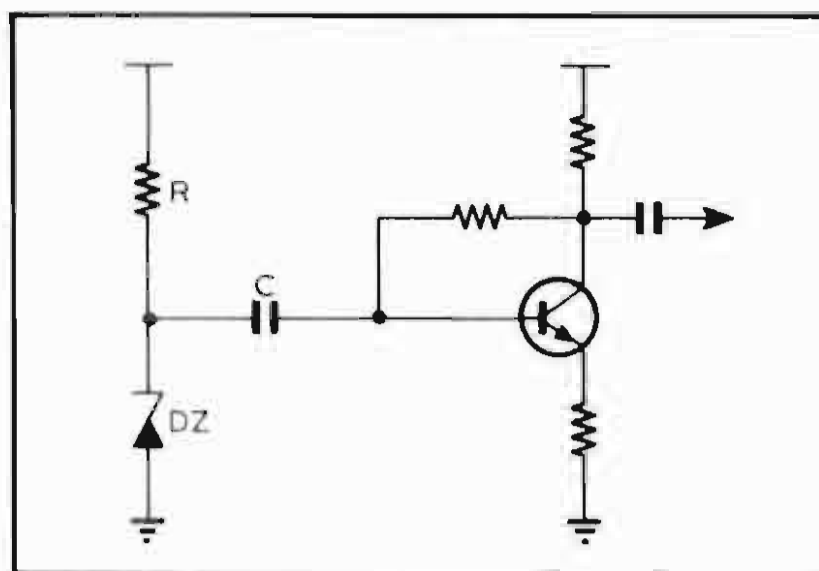
Il diodo Dz viene polarizzato dalla resistenza R. Il condensatore C preleva il suono bianco generato dal diodo e lo invia sul circuito preamplificatore. Partendo da questo suono, dobbiamo ottenere lo spettro dei piatti.

Occorre dunque ricreare delle composizioni, e selezionare una banda di frequenza. Infine, occorre lasciar passare questo suono secondo una precisa curva inviluppo.

Vediamo uno schema di principio spesso utilizzato in questa particolare applicazione.

Abbiamo uno stadio preamplificatore in cui il carico di collettore è costituito da un circuito oscillante LC. Questo circuito permette di ottenere le componenti richieste. La induttanza L lavora a frequenza molto elevata. Possiamo quindi utilizzarne una in ferrite, che presenta il vantaggio di essere poco ingombrante, ed offre un coefficiente di sopratensione elevato.

Il suo valore è generalmente compreso fra 20 mH e 200 mH. Il condensatore C2 determina la frequenza d'accordo del circuito LC. R3 è una resistenza di smorzamento per adattare il coefficiente

Generatore di rumore bianco.

Circuito base per piatti e spazzole da simulare elettronicamente.

di sopratensione al valore ricercato.

C4 può servire a limitare globalmente la banda passante nei bassi. R1 ed R2 sono le resistenze di polarizzazione del transistor. R1 è collegata alla tensione d'alimentazione.

Torniamo, per concretizzare queste nozioni, allo schema della Farfisa. Vediamo in alto il generatore di rumore bianco. La resistenza dell'emittore è regolabile per poter correggere il livello di uscita del suono.

Viene il circuito dei componenti per i piatti, conforme al circuito di principio che abbiamo già visto.

La polarizzazione di base è comandata dal circuito di messa in funzione. Questo circuito è semplicemente un monostabile azionato dall'impulso del sequenziale. Libera quindi un impulso calibrato positivo che carica il condensatore Ca30 attraverso il diodo Da1, con una costante di tempo pari a Ra52 x Ca30. Il transistor Qa7 quindi conduce e lascia passare il segnale piatti.

Quando il monostabile torna al suo stato iniziale, il condensatore Ca30 (data la presenza di Da1) ha la sola possibilità di scaricarsi attraverso Ra53 + Ra58.

Il Synti 1055 della Thomas, Eme Macerata: 44 tasti e possibilità di preselezionare tutti i ritmi più noti.

Il condensatore quindi si scaricherà, con una costante di tempo molto più grande che non per la carica, pari cioè a:

(Ra53 + Ra58) x Ca30

Ciò è perfettamente logico, in quanto il suono dei piatti si smorza molto lentamente.

Infine, un secondo condensatore Ca31 può venir messo in parallelo con Ca30 per aumentare le costanti di tempo. Questo condensatore viene commutato su ritmi come lo slow, nei quali i piatti dal suono dolce sono molto gradevoli.

Terminiamo col rumore bianco del rullante: viene ottenuto nello stesso modo dei piatti con lo stesso circuito di componenti, ma la frequenza di risonanza è qui molto più bassa, e il circuito è più smorzato che precedentemente (1 kOhm contro 10 kOhm). Il circuito di azionamento è lo stesso, cioè un monostabile, che per i piatti.

Questo monostabile ha anche evidentemente lo scopo di azionare nello stesso tempo il circuito « tamburo ».

Il circuito preamplificatore

Terminiamo con l'ultima parte della nostra batteria: il preamplificatore. Ciò che questo componente ha di notevole è un circuito chiamato « d'accentuazione ».

Ritorniamo alla realtà: il modo di suonare del batterista, la sua esecuzione del ritmo. Il batterista spesso insiste su certi tempi,

battendo più forte sul suo strumento. È possibile ricreare questo effetto vivo giocando sulla risposta del preamplificatore.

Riguardiamo la parte in basso sullo schema il circuito preamplificatore. Il condensatore Ca44 conduce il segnale inviato dai diversi strumenti sulla base del transistor preamplificatore Qa16. Per evitare che il ponte di polarizzazione del transistor smorzi il segnale d'ingresso, si crea un montaggio speciale con la resistenza Ra80. L'accentuazione la si effettua giocando sul guadagno in alternativa di questo stadio: la resistenza d'emissione Ra83 non disaccopiata diminuisce considerevolmente il guadagno dell'intero stadio.

Se si collega in parallelo un condensatore, il guadagno ritorna al suo valore massimo. È questo processo che crea il circuito d'accentuazione.

L'impulso del sequenziale aziona il transistor Qa15 ed in questo momento è collegato in parallelo su Ra83 il condensatore Ca46 in serie con la resistenza Ra81.

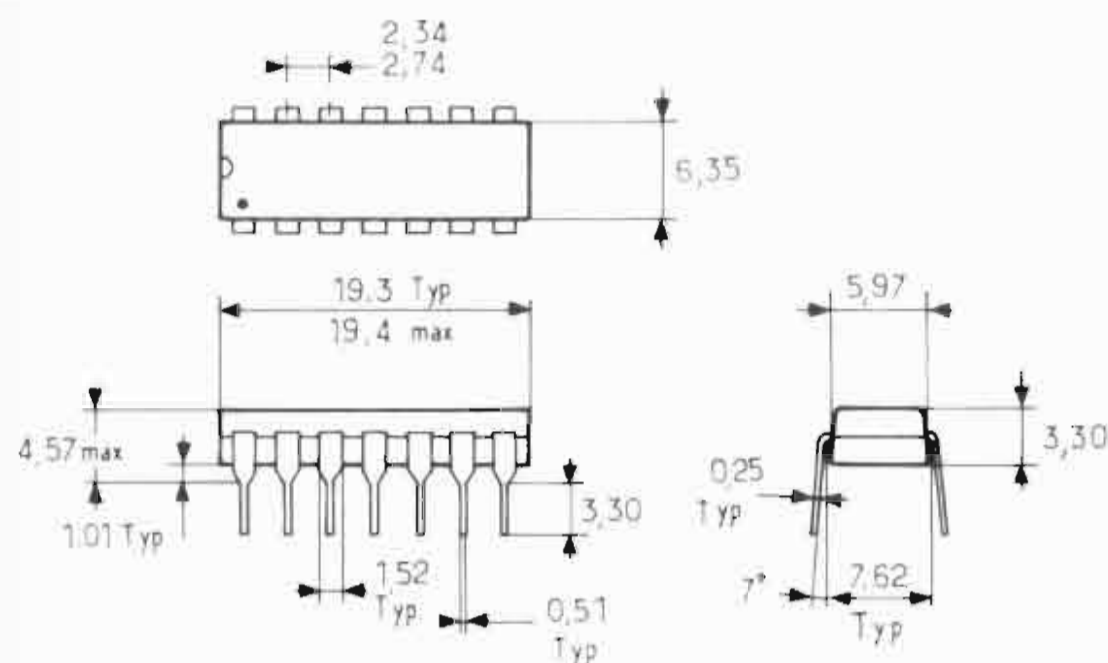
In stato di riposo, Qa15 viene bloccato, e viene collegato in

parallelo su Ra83 il condensatore Ca46 in serie con Ra81 ed Ra82. Ra82 vale 100 kOhm, il che significa che in queste condizioni Ca46 non può funzionare.

Vedremo appena più avanti qualche schema di facile realizzazione per una batteria elettronica (bongo e generatore di ritmi).

I sintetizzatori di frequenza

Vogliamo ora inoltrarci in un regno ancora poco esplorato. La ricerca sistematica, attraverso la sintesi dei suoni, ha portato a scoprire degli effetti nuovi; un sintetizzatore di frequenza professionale è un apparecchio assai complicato. È dotato di numerosissimi regolatori e commutatori, di una matrice con numerosi ingressi che permettono di programmare con l'aiuto di apposite spine le più varie combinazioni di segnali e tensioni. Abbiamo inoltre una tastiera, che può essere composta di due o più ottave. Un sintetizzatore di frequenza deve fornire in modo indipendente il massimo numero di segnali diversi per forma, fase e frequenza.

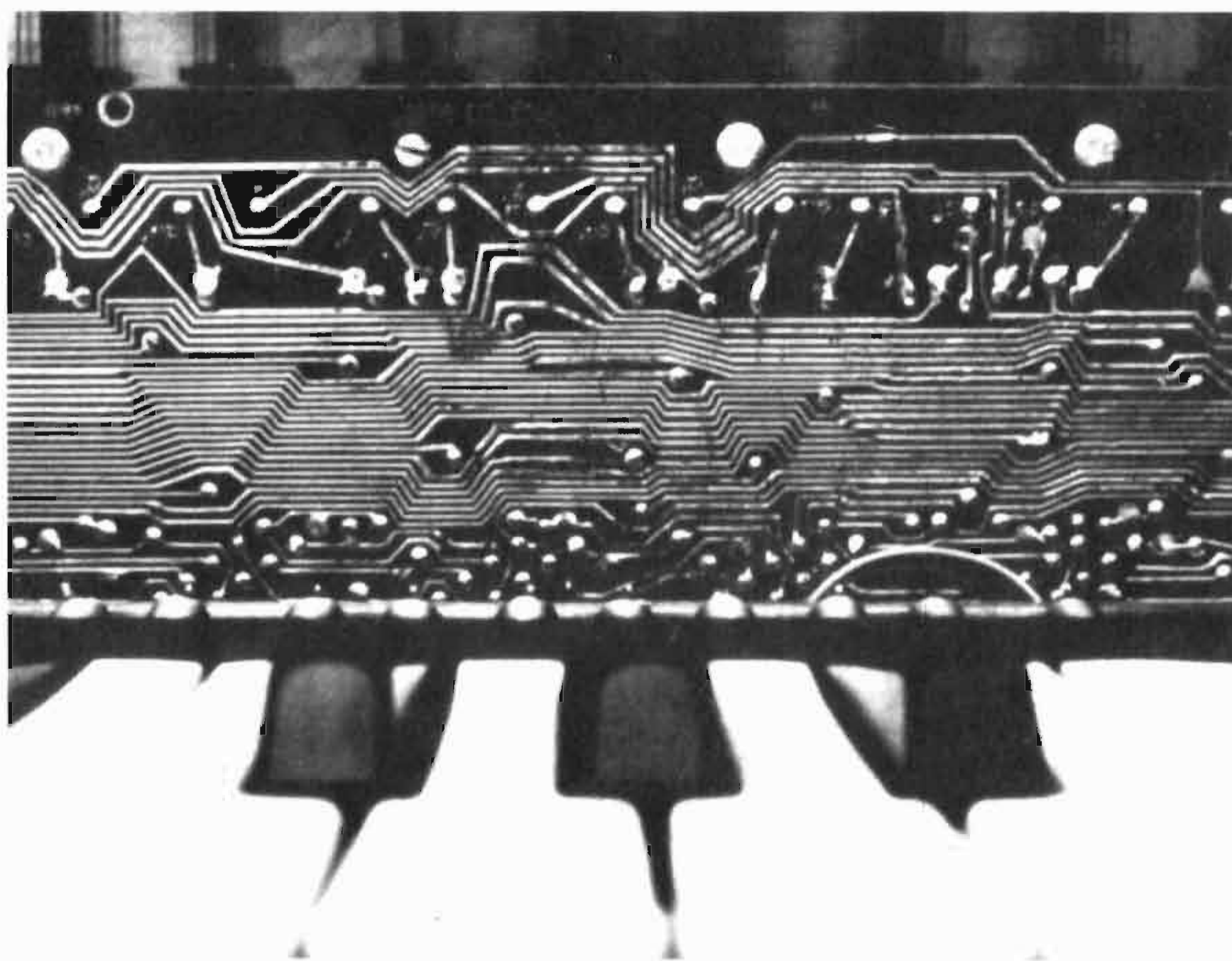
Organo Sabre 1165 della Thomas, distribuito dalla Eme di Macerata.

Il circuito integrato 8038: per mille applicazioni nel campo della musica elettronica. Schema e dimensioni.

Deve inoltre permettere ogni tipo di curva sonora possibile, per ottenere numerosissimi effetti. Inoltre deve fornire diversi « vibrato », « tremolo », sistemi di glissato di frequenza, e possibilità di riverbero d'eco. Non dimentichiamoci poi dei filtri di vario genere, necessari per ottenere sonorità strane, irreali, che sembrano provenire da lontane galassie.

Per quanto ci riguarda, ci limiteremo a parlare dei sintetizzatori da « amatori », e più particolarmente di quelli che sono destinati al completamento di un organo preesistente.

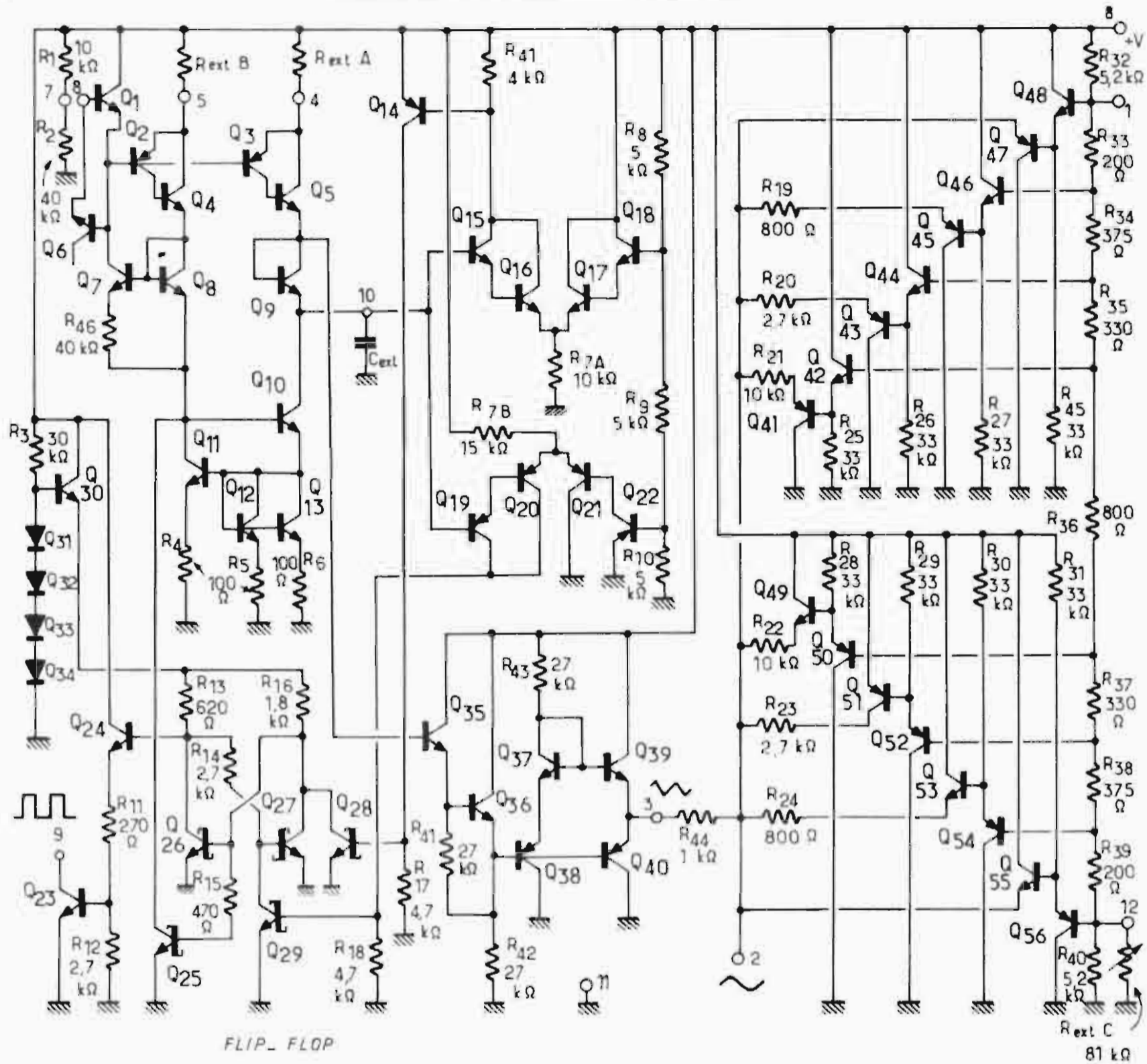
Per iniziare il nostro studio, parleremo di un interessantissimo circuito integrato:

Il generatore di funzione 8038

È facilmente reperibile in commercio un circuito integrato prodotto dalla Intersil che può essere molto interessante se utilizzato come base di un piccolo sintetizzatore monodico. Si tratta di un generatore di funzioni venduto sotto il numero di serie 8038. Questo circuito integrato libera segnali sinusoidali quadrati, triangolari, a dente di sega, e impulsi. Tutto ciò è realizzabile in un contenitore

con 14 pin allineati e pochissimi componenti esterni. Le principali caratteristiche di questo circuito sono:

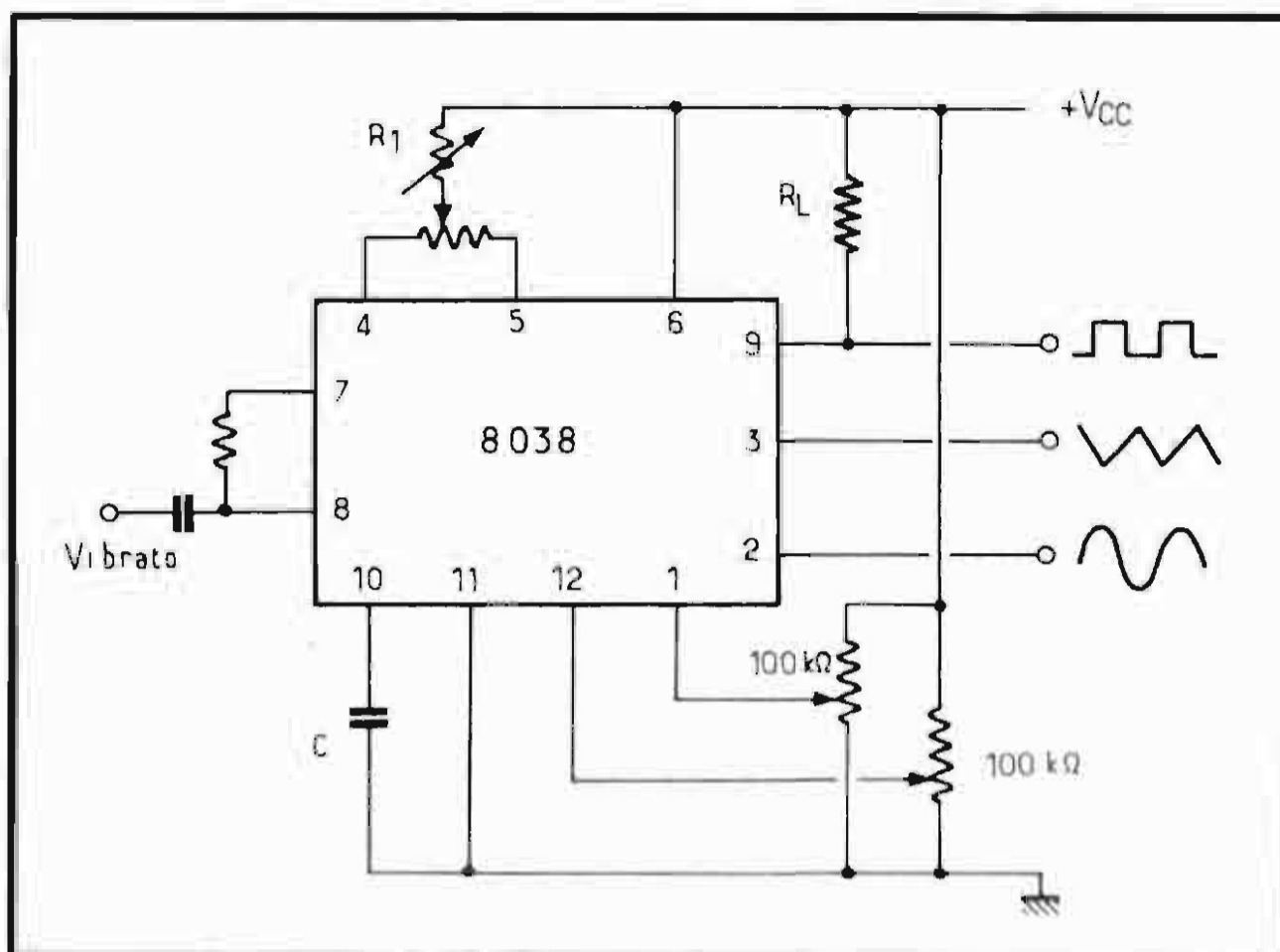
— uscita simultanea di segnali sinusoidali quadrati e triangolari;
— debole deriva di frequenza in temperatura −50 pm/°C al massimo;
— livelli di uscita elevati;
— minima distorsione: 1%;
— eccellente linearità: 0,1%;
— semplicità d'impiego: pochissimi componenti esterni;
— larga gamma di frequenze: da 0,001 Hz fino a 1 MHz;
— rapporto ciclico variabile: da 1 a 99%;
— possibilità di programmare una modulazione di frequenza per mezzo di una tensione esterna (vibrato).

Le caratteristiche da non superare sono:

— tensione d'alimentazione: ± 18 V o 36 V in totale;
— dispersione: 750 mW;
— tensione d'ingresso: non deve superare la tensione d'alimentazione;
— corrente d'uscita: 25 mA;
— corrente d'entrata: 25 mA;

Schema elettrico interno dell'integrato 8038.

— temperatura da −65°C a +125°C;
— gamma di temperature di funzionamento:
8038AM, 8038BM: da −55°C a +125°C;
8038AC, 8038BC, 8038CC: da 0°C a +70°C.

L'utilizzo di una tensione d'alimentazione simmetrica permette di ottenere segnali simmetrici in rapporto alla massa. Notiamo che in generale i livelli medi del segnale triangolare e di quello sinusoidale sono esattamente la metà della tensione d'alimentazione.

Non si espone in dettaglio la teoria di funzionamento di questo circuito integrato, ma ci sembra interessante presentare il dia-

Esempio di utilizzazione dell'8038 come generatore di funzioni. In uscita a piacere onde quadre, rampe, sinusoidi.

gramma di funzionamento e lo schema elettrico, che non comporta meno di 52 transistors.

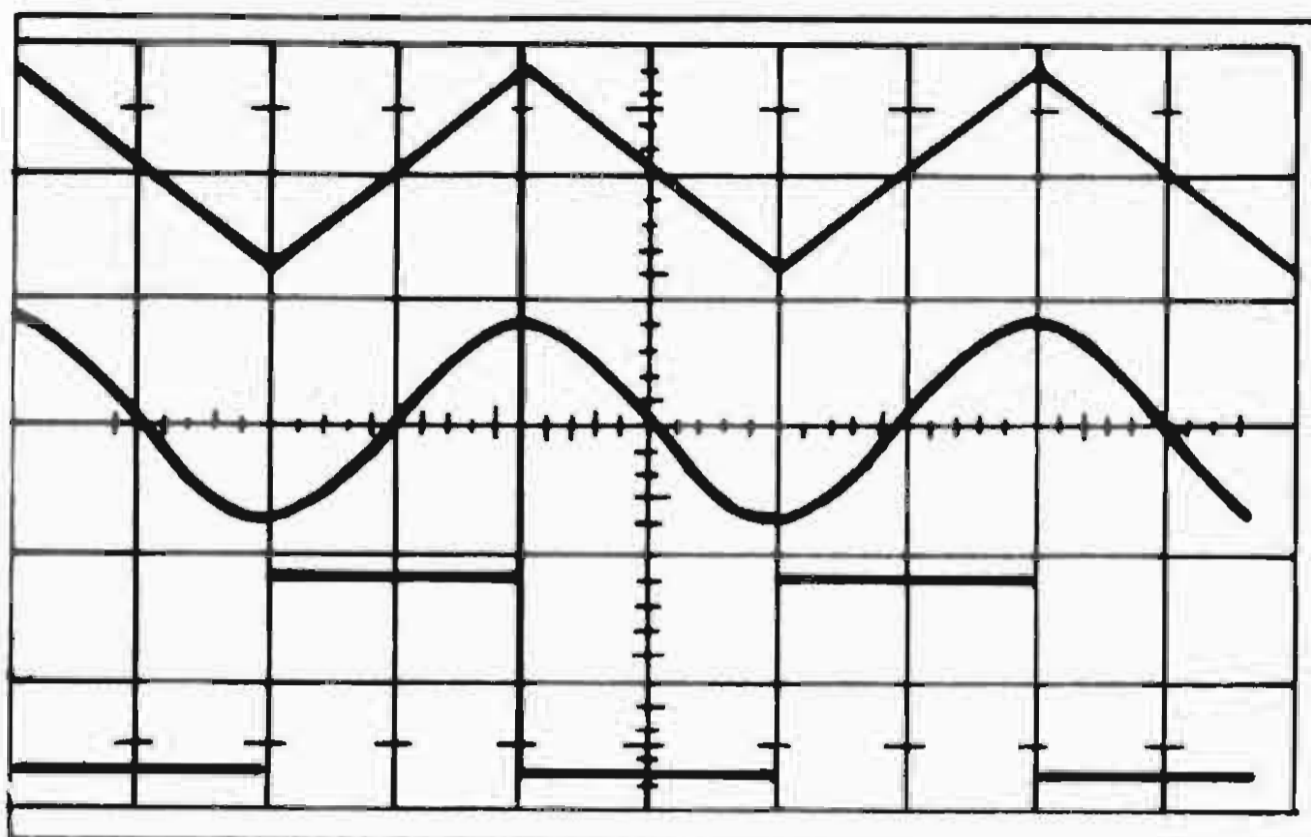
Un esempio di applicazione di questo circuito è presentato in figura.

I due potenziometri da 100 kOhm permettono di regolare la sinusoide con il minimo di distorsione. Il valore di C dipende dalla frequenza desiderata:

$$F = \frac{0,15}{RC}$$

(indipendentemente dalla tensione d'alimentazione) ; dove R è compreso fra 500 Ohm e 1 MOhm, e uguale a R1 più il valore di resistenza compreso tra il cursore e l'estremità del potenziometro di regolazione del rapporto ciclico. La resistenza R1 può essere costituita da una catena di resistenze azionate da una tastiera.

Terminiamo mostrando l'oscillogramma dei segnali ottenibili. Si tratta dunque di un generatore semplice, che può ben facilitare delle realizzazioni sperimentali !

È ovvio qui suggerire che queste forme d'onda, magari sufficientemente amplificate, sono già in un certo senso suono. Una cuffia, un altoparlante eccitati con correnti di forma simile ai se-

Forme d'onda in uscita ottenute da un generatore utilizzante l'integrato 8038.

gnali visti producono suono, successione di suoni. L'elettronica ha permesso non solo di ottenere dei suoni e frequenze prestabilite come quelli della scala musicale, ma anche dei timbri molto simili a quelli degli strumenti classici. Inoltre i moderni dispositivi elettronici possono generare dei timbri completamente diversi e degli effetti sonori mai uditi prima. Questi nuovi suoni e questi effetti hanno portato a delle importanti innovazioni specialmente nel campo della musica leggera dove la cosiddetta musica elettronica di cui il sintetizzatore elettronico è il principale artefice, si va sempre di più imponendo all'attenzione del pubblico. Nel campo delle imitazioni dei suoni degli strumenti classici, sono stati ottenuti notevoli successi anche se di alcuni strumenti (pianoforte, violino) non si è ancora riprodotto un suono molto simile all'originale. Tuttavia questi studi sono stati intrapresi da poco ed è logico attendersi per il futuro dei risultati lusinghieri anche in questo campo.

Nel settore della produzione di organi e di apparecchiature per la conversione timbrica nonché in quello degli effetti speciali, le apparecchiature elettroniche hanno avuto invece un notevole successo. Gli organi elettronici riescono a riprodurre perfettamente il suono dell'organo a canne anche nelle sue più piccole sfumature in maniera molto semplice; con le recenti applicazioni delle tecniche digitali poi, la costruzione degli organi elettronici si è notevolmente semplificata ed è probabile che tali apparecchiature con la produzione di massa di circuiti integrati subiranno una sensibile diminuzione di costo.

Nel campo delle apparecchiature elettroniche per la conversione timbrica dei suoni, molto è già stato fatto specialmente per quanto

riguarda la manipolazione del suono della chitarra. A questo proposito è sufficiente ricordare l'enorme diffusione che ha avuto la chitarra elettrica la quale ha influenzato profondamente il gusto musicale degli ultimi dieci-quindici anni ed ha avuto una parte di primo piano nella svolta musicale degli anni sessanta e nella conseguente nascita di nuovi generi musicali. Oggi quasi tutti i complessi dispongono di complicate apparecchiature elettroniche le quali ,oltre ad amplificare fino ad un livello che in alcuni casi raggiunge il limite della sopportazione (coloro che hanno assistito a qualche concerto pop lo sanno molto bene), consentono anche di manipolare i suoni, di ottenere decine di effetti diversi (non sempre gradevoli), di generare rumori di qualsiasi tipo. Oggigiorno i palchi dove suonano i complessi di musica leggera appaiono sempre più simili a delle navicelle spaziali con pulsanti, lampadine e potenziometri dappertutto; i componenti i complessi devono avere una preparazione specifica nel campo elettronico quasi a livello della loro preparazione musicale. Costretti come sono a suonare fra una

infinità di cavi e a regolare contemporaneamente numerosi comandi, diversi complessi si sono addirittura fatti affiancare da tecnici elettronici in modo di liberarsi dalle incombenze di carattere tecnico. Fra gli effetti più conosciuti e più impiegati dai complessi di musica leggera ricordiamo il vibrato, il tremolo, l'eco, la distorsione, l'esaltazione delle note acute ecc...

Tutte le apparecchiature per produrre questi effetti hanno una importanza fondamentale nella musica moderna: si può senza dubbio affermare che senza questi dispositivi la musica (perlomeno quella leggera) non avrebbe la diffusione ed il successo che ha avuto e che continua ad avere. Passiamo a vedere ora la costruzione pratica di qualche apparecchio che per semplicità sia accessibile a tutti.

IL CARILLON

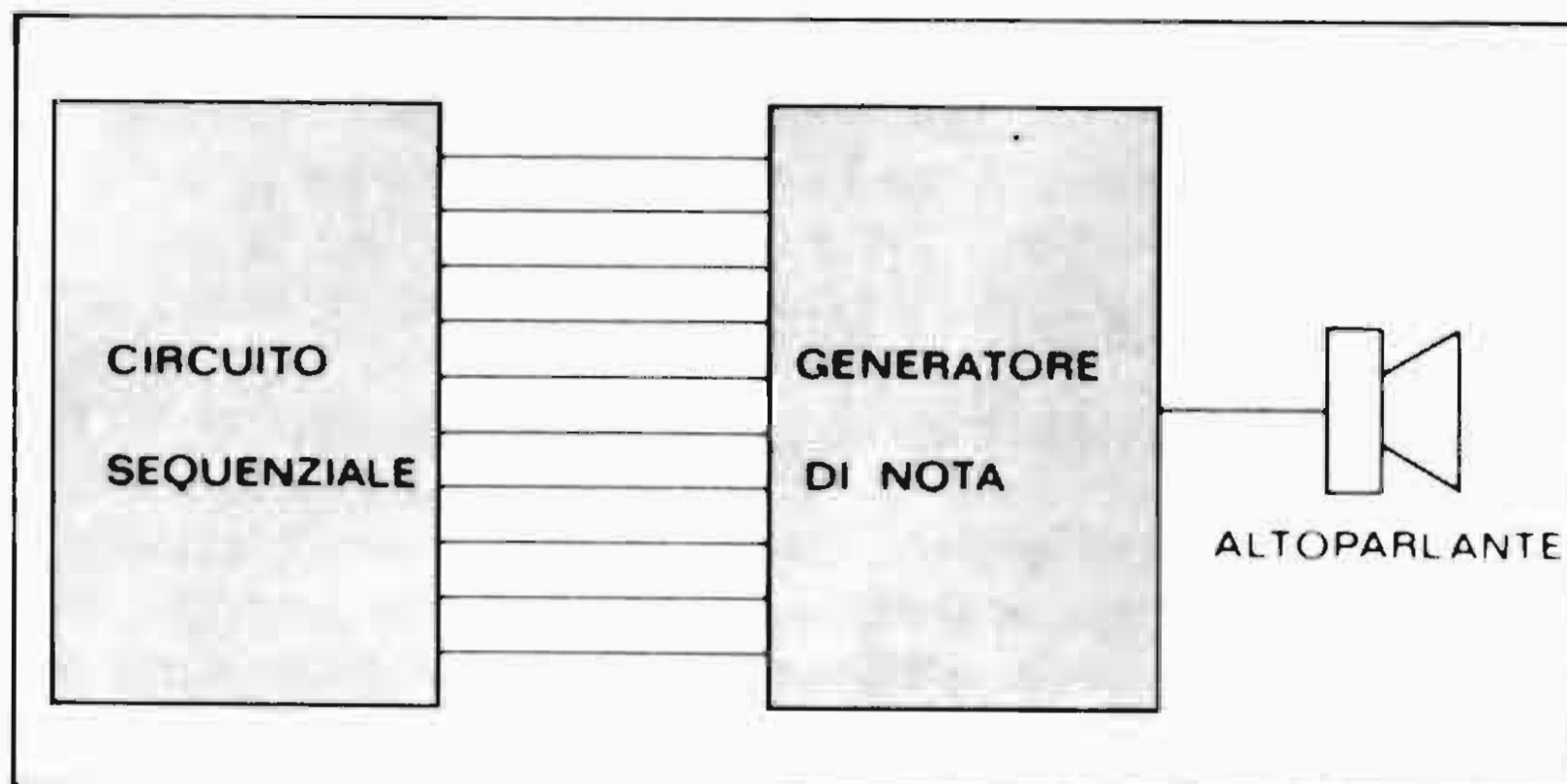
Nel Medioevo la parola « carillon » indicava un gioiosissimo gioco di campane, che veniva suonato sui campanili delle cattedrali. Era in voga soprattutto in Olanda, Belgio, nella Germania settentrionale. Un po' meno in Inghilterra.

La parola fece poi un lungo viaggio di significati traslati (un registro dell'organo, una composizione musicale, uno strumento dell'orchestra...) per arrivare ad indicare una scatola musicale contenente un particolare meccanismo capace di produrre brevi e semplici motivi musicali. Tutti, o quasi, da bambini abbiamo aperto il « carillon della nonna » per vedere cosa c'era dentro.

Inserito di solito in soprammobili, giocattoli o in pendole, un carillon è formato da un cilindro metallico munito di tanti dentini; il cilindro ruota grazie ad un congegno a molla e i dentini fanno vibrare, l'una dopo l'altra, diverse lamelle sonore: ogni lamella produce una nota particolare e la loro successione forma il motivetto musicale.

Con l'avvento dei circuiti integrati, capaci di riunire in un piccolo spazio molti circuiti differenti, l'elettronica è stata man mano capace di « sintetizzare » il suono prodotto dagli strumenti musicali.

Prima di analizzare nel suo insieme lo schema elettrico del nostro carillon, vorremmo spendere qualche parola spiegando perché, per sintetizzare un suono che assomigliasse a quello di un carillon meccanico, abbiamo messo insieme un generatore di clock, un circuito contatore ed un oscillatore a bassa frequenza.

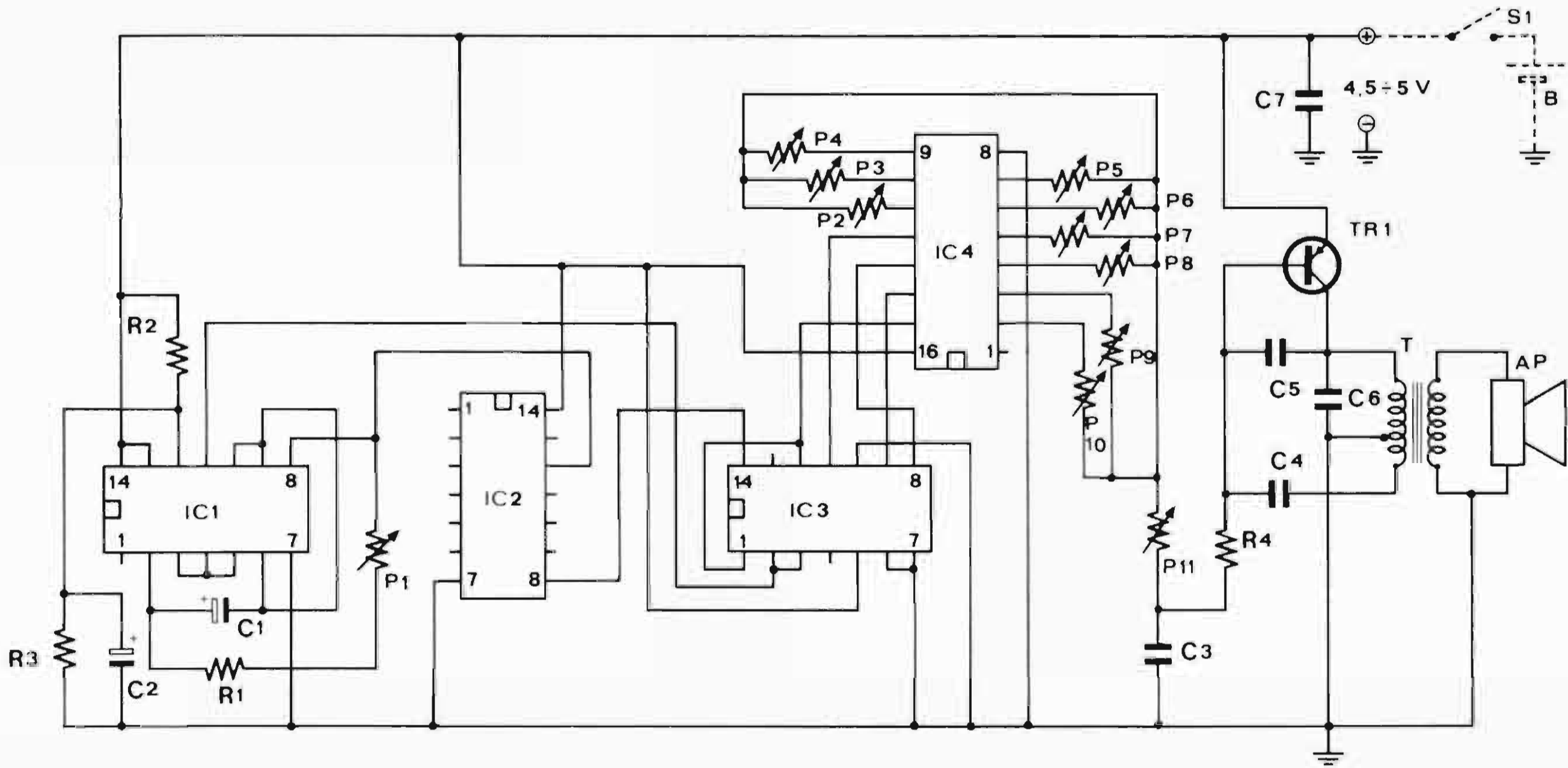
Un carillon può essere definito come un « qualcosa » che pro-

Schema a blocchi del carillon digitale.

duce una certa successione di note musicali. Questo significa che nel carillon sono contenuti un « generatore di nota » (alias un semplice oscillatore a bassa frequenza) e un circuito sequenziale (sequenziale = tutto ciò che è relativo ad una successione, cioè ad una modificazione nel tempo), che produce degli impulsi capaci di pilotare l'oscillatore.

Questa distinzione è rappresentata nello schema a blocchi. Il rettangolo di destra racchiude i circuiti che producono una certa « sequenza » di impulsi; questi, pervenendo al rettangolo di sinistra, che contiene l'oscillatore, vengono tradotti in una « sequenza » di note, cioè un motivo musicale.

Osserviamo ora un po' più da vicino il circuito oscillatore (vedi lo schema del generatore di nota). Si tratta di un semplice circuito Hartley, circuito che permette di realizzare con pochissimi componenti un oscillatore capace di pilotare direttamente un altoparlante con una discreta potenza sonora. È stato scelto per la sua semplicità, anche se circuiti più sofisticati avrebbero dato risultati migliori.

Sappiamo che un oscillatore è costituito da un circuito amplificatore con l'uscita connessa all'ingresso, cioè un amplificatore in cui il segnale prodotto viene riportato, con la stessa fase, al suo ingresso. Nel nostro caso, TR1 funge da amplificatore ed il primario di T da invertitore di fase; infatti il segnale presente sul terminale del primario di T connesso al collettore del transistor ha fase op-

Il circuito completo del carillon.

COMPONENTI

R1 = 180 Ohm 10% ¼ W
R2 = 4,7 Kohm 10% ¼ W
R3 = 4,7 Kohm 10% ¼ W
R4 = 560 Ohm 10% ¼ W
C1 = 220 μF 6 VL elettrolitico
C2 = 220 μF 6 VL elettrolitico
C3 = 47 KpF ceramico a disco
C4 = 220 KpF
C5 = 100 KpF ceramico a disco
C6 = 22 KpF ceramico a disco
C7 = 100 KpF ceramico a disco
P1 = 1 Kohm trimmer
P2 fino a P10 = trimmer da 10 Kohm
P11 = 22 Kohm trimmer
IC1 = 7400
TR1 = AC 132 equivalente
IC2 = 7472
IC3 = 7490
IC4 = 7442
T = trasformatore d'uscita per push-pull a transistor
AP = altoparlante di qualsiasi tipo
B = pila da 4,5 V

Nella pagina accanto: Eco EEX 200 FBT per gli effetti di eco, ripetizione, riverbero.

posta a quello presente sul terminale connesso a C4. Il segnale presente sulla base di TR1 viene da questo amplificato e trasmesso a T, per poi, tramite C4, ritornare rafforzato sulla base e riprendere un nuovo ciclo. In queste condizioni il circuito entra in oscillazione.

Affinché l'oscillazione si mantenga è però necessario che TR1 amplifichi, compensando le inevitabili perdite del circuito, e TR1 amplifica solo se la sua base è polarizzata. Questo è il compito svolto da R4, P11 e dai nove trimmer da P2 a P10: affinché TR1 sia polarizzato bisogna che uno dei fili marcati da 1 a 9 sia connesso a massa (ricordiamoci che il transistor è un PNP con l'emettitore collegato al positivo della alimentazione: per polarizzare la base occorre inviarle una tensione negativa rispetto all'emettitore, e quindi collegarla a massa — negativo — con una resistenza di valore opportuno).

In un circuito Hartley la frequenza di oscillazione è determinata dal valore del condensatore di reazione (C4 nel nostro schema) e della resistenza di base (R4, P11 e uno dei trimmer). Vuol dire,

ad esempio, che se P10 ha una resistenza maggiore di P9, otterremo due note diverse collegando a massa i fili 1 e 2, e più precisamente otterremo una nota più bassa collegando il filo 1.

Cuore dello strumento rimane l'oscillatore Hartley, e una serie di dodici trimmer copre le dodici note della scala tonale (le sette note fondamentali e i cinque diesis): ciascun trimmer viene collegato ad un tasto e tarato per la nota corrispondente. La barra comune a tutti i tasti è connessa a massa. Premendo un tasto, si polarizza la base del transistor, dando l'avvio alle oscillazioni a bassa frequenza udibili con l'altoparlante.

È abbastanza intuitivo a questo punto che, se vogliamo far sì che una certa serie di note si produca automaticamente, senza intervento esterno, occorre progettare un circuito che da solo chiuda il circuito di polarizzazione inserendo in una prefissata successione i trimmer che ci interessano. Questo è il compito del circuito sequenziale, e andiamo a spiegarne per sommi capi il funzionamento.

Il circuito sequenziale usato nel nostro carillon è costituito da un generatore di impulsi e da un circuito di conteggio. Il generatore di impulsi, a sua volta, è composto da un oscillatore (IC1) e da un divisore di frequenza (IC2).

L'oscillatore utilizza tre delle quattro porte NAND contenute nell'integrato 7400 (la quarta, come vedremo più avanti, viene impiegata nel circuito di reset automatico). Il circuito usato è più che semplice; vediamo la ricetta: 3 porte NAND (o tre inverter — 7404 — fa lo stesso, se siete momentaneamente sprovvisti delle prime) + 1 condensatore + 1 resistenza = un oscillatore.

E, manco a dirlo, l'uscita è perfettamente quadra, anche se non è simmetrica, cioè il tempo in cui l'onda è « alta » è diverso dal tempo in cui essa è « bassa ». Del compito di renderla simmetrica si incarica IC2; è un semplice flip-flop connesso a divisore per

due: alla sua uscita abbiamo un segnale simmetrico e di frequenza pari alla metà di quella generata dall'oscillatore.

La frequenza degli impulsi prodotti da IC1 e IC2 stabilisce il « ritmo » della musica prodotta dal nostro carillon digitale; più lunghi sono tali impulsi, più a lungo durerà ciascuna nota. È come se avessimo fissato, metronomo alla mano, la velocità con cui deve essere eseguito il pezzo di musica che ci interessa. Occorre ora pensare alla realizzazione dell'« organo esecutivo », quel meccanismo che, al « ritmo » stabilito da IC1 e IC2, comanda all'oscillatore di eseguire determinate note (« schiaccia i tasti »).

Si è scelta la soluzione che ci è parsa più semplice e più razionale: si è pensato che un circuito di conteggio potesse egregiamente servire allo scopo. Un circuito di conteggio è in sostanza un circuito che « conta » gli impulsi presentati al suo ingresso, ed è in grado di visualizzare tale conteggio su di un indicatore luminoso (sia esso una valvola nixie od un display). Il conteggio è di solito effettuato in numeri decimali: 10 impulsi produrranno, tanto per semplificare, la successione delle dieci cifre sul display (01234 56789), dopo di che, all'undicesimo impulso, il circuito torna a zero e riprende a contare.

Abbiamo pensato che, eliminando il display, si ha a disposizione una serie di dieci interruttori (elettronici, s'intende, e tutti contenuti nella decodifica), che si chiudono in una successione ripetuta ciclicamente. Se, al posto dei terminali del display, si collegano i trimmer dell'oscillatore, questi vengono portati a massa determinando una successione di note musicali nell'altoparlantino.

Difatti, ai terminali d'uscita della decodifica (piedini 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11) sono connessi i trimmer (da P2 a P10) dell'oscillatore: vedi lo schema elettrico definitivo. La decodifica è pilotata dalla decade 7490 (IC3): gli impulsi provenienti da IC2 vengono « contati » dalla 7490 secondo il codice BCD; la decodifica si incarica di trasformare il codice BCD in codice decimale.

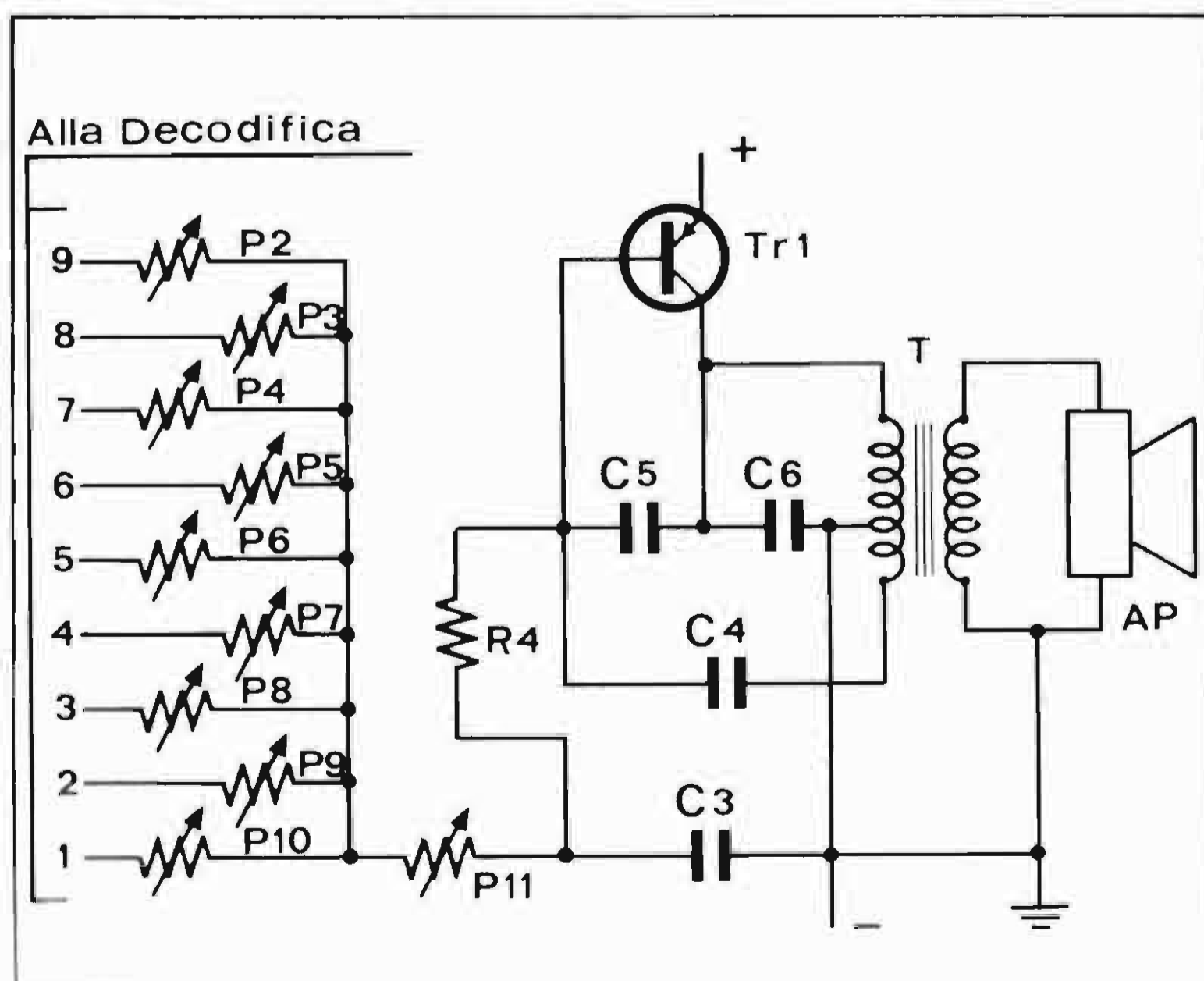
Due parole meritano di essere spese per il circuito di reset. Viene chiamata « resetaggio » quella operazione per cui, in un circuito di conteggio, il conteggio viene interrotto e i display sono riportati tutti ad una indicazione base, ad esempio tutti a 0. La decade 7490 ha due reti di reset, mediante le quali è possibile, indipendentemente dal conteggio in corso, far sì che il display da essa pilotato indichi 0 oppure 9.

Nel nostro caso ci interessava far sì che, dando corrente al carillon, il motivetto fosse suonato dall'inizio; quindi che il conteggio della decade partisse dallo 0 e non da una cifra qualsiasi.

A questo scopo abbiamo usato la porta NAND di IC1 rimasta libera. Il funzionamento è il seguente: all'atto dell'accensione del carillon, il condensatore C2 è scarico; quindi la porta NAND avrà un ingresso « alto » ed uno « basso »: l'uscita sarà « alta » e la 7490 resettata a zero; quando C2 si è caricato, l'uscita della porta diviene « bassa » ed ha inizio il conteggio. Difatti, affinché la 7490 possa svolgere regolarmente il conteggio, è necessario che i piedini 2-3 e 6-7, connessi rispettivamente alla rete di reset per lo 0 ed a quella per il 9, siano « bassi » (a potenziale di massa, insomma).

Riassumendo ora brevemente quanto detto fin qui possiamo dire:

Il carillon digitale è sostanzialmente formato da un generatore di impulsi a bassissima frequenza (1/2 - 1/5 di Hertz) che pilota un circuito contatore. All'uscita di questo abbiamo dieci interruttori elettronici, che si chiudono in successione (la velocità di questa successione dipende dalla frequenza del generatore di impulsi); la chiusura di ciascun interruttore provoca l'emissione di una nota musicale che dipende dai componenti.

Nessun componente critico, di difficile reperibilità o di alto costo è usato nel nostro carillon elettronico, anzi, sappiamo che

Schema elettrico del generatore di nota.

spesso lo sperimentatore ha nel cassetto componenti di recupero che non riesce ad utilizzare: noi stessi abbiamo impiegato per T, per TR1, per gli elettrolitici componenti ricavati da una vecchia radiolina tascabile che non funzionava più. Certo, usare pezzi di recupero richiede un po' di naso, un po' di esperienza, perché non tutti sono buoni e le loro caratteristiche corrispondono a quelle dei pezzi nuovi; ma la soddisfazione ed il risparmio (il denaro oggi non si guadagna facilmente) sono ricompense sufficienti per un po' di lavoro in più.

Molta attenzione richiede la realizzazione del circuito stampato; anche se i componenti sono pochi, la filatura è piuttosto complessa, dato il grande numero di connessioni fra i quattro integrati. Inoltre, dove inevitabilmente due piste venivano ad intersecarsi, sono stati inseriti dei ponticelli di filo, evitando l'uso di un circuito stampato a doppia faccia, di realizzazione assai più complessa.

Dopo aver copiato con molta attenzione il disegno del circuito sulla piastra ramata ben pulita, consigliamo di controllare più volte

Tavolo di regia Jolly FBT.

i collegamenti (sbagliare è facile) prima di immergere la basetta nell'acido. Attenzione soprattutto ad eventuali gocce di inchiostro protettivo che potrebbero fare da « ponte » fra due piste molto vicine.

Lavata bene la basetta e asportato l'inchiostro, effettuati i fori per i terminali dei componenti, si realizzeranno prima di tutto i cavallotti di filo, seguendo con attenzione i disegni. Poi si monteranno i componenti più piccoli e man mano quelli sempre più grossi. Consigliamo vivamente l'uso degli zoccoli per gli integrati: costano poco ed evitano un mucchio di guai; lasciano poi la possibilità di recuperare gli integrati per altri montaggi.

Se non si è fatto nessun errore nella realizzazione della basetta, se i componenti usati non sono difettosi, il circuito deve funzionare subito. Beh, l'altoparlantino butterà fuori un'accozzaglia di suoni diversi che si ripetono senza tregua. Trasformare quei suoni in un piccolo motivo musicale è compito della operazione di taratura.

Immaginiamo di voler far sì che il nostro carillon produca un motivo simile a quello del Big-Ben, cioè la successione delle note LA FA SOL MI / MI SOL LA FA.

La prima evidente osservazione è che le note sono otto mentre il carillon ha nove trimmer (P11 non c'entra per ora). In realtà, impiegando la decodifica 7442 è possibile produrre una successione di note per un massimo di dieci; abbiamo scelto però di lasciare il terminale 0 (piedino 1 della 7442) scollegato (vedi schema) per introdurre un tempo di pausa fra due esecuzioni successive del motivo musicale. È poi possibile, scollegando opportunamente alcuni dei terminali della decodifica (è sufficiente non montare il trimmer corrispondente) realizzare successioni di 2, 3, 4, 6 o 8 note. Ad esempio, per la successione, che so io, di queste otto note: LA DO MI RE DO SI SOL LA è sufficiente scollegare il trimmer P10; il circuito esegue le otto note seguite da due pause.

Ma torniamo al nostro Big-Ben; questo motivetto è formato da due serie di quattro note. Scollegheremo P6, inserendo quindi un tempo di pausa fra le due serie di note. Quindi il carillon eseguirà questa serie: Pausa - LA - FA - SOL - MI, Pausa - MI - SOL - LA - FA. Per le pause, lasciati sconnessi i piedini 1 e 6, siamo a posto. Adesso vediamo per le note.

L'operazione più difficile sta appunto nella taratura dei trimmer. Occorre un buon orecchio e un po' di pazienza. Tanto per cominciare è preferibile bloccare il circuito sequenziale in modo da poter tarare ciascuna nota indipendentemente dalle altre. A questo scopo cortocircuitiamo con uno spezzone di filo il condensatore C2: sfrut-

tando la rete di reset « blocchiamo » il circuito di conteggio sulla pausa. Poi prendiamo un altro spezzone di filo, ne saldiamo un capo a massa (negativo della pila) e con l'altro tocchiamo i piedini 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 della 7442, portando uno alla volta a massa i diversi trimmer: realizziamo così manualmente (e con comodità) le diverse note.

Regolando P11 ed eventualmente provando altri valori per C4 porteremo l'oscillatore a funzionare nell'ottava che ci interessa. Poi si regolano i singoli trimmer per le note che desideriamo ottenere. Ci si può aiutare in questa operazione con uno strumento musicale, come un pianoforte od un organo elettronico.

Per ottenere il Big-Ben tareremo P10 per un LA, P9 per un FA, P8 per un SOL e P7 per un MI; P6 è sconnesso (vedi sopra); P5 per un MI, P4 per un SOL, P3 per un LA e infine P2 per un FA. Terminata la taratura, toglieremo il cortocircuito a C2; il carillon dovrà emettere la successione voluta di note, e cioè: Pausa - LA - FA - SOL - MI, Pausa - MI - SOL - LA - FA e poi da capo Pausa - LA - FA - SOL e così via.

È possibile variare il valore di C4 e C3 per ottenere note più alte o più basse; il valore di C3 determina anche il contenuto armonico (il « timbro » in termini musicali) del segnale generato; omettendolo si ottiene un suono più « pulito ».

Terminata la taratura del carillon, basetta stampata, pila piatta da 4,5 volt, altoparlante possono trovar posto dentro un simpatico soprammobile, in plastica o in legno. Per S1 può andar bene un microinterruttore sistemato in modo tale che i suoi contatti si chiudano quando l'oggetto viene sollevato dal piano su cui poggia; basterà quindi sollevare il carillon perché si metta a suonare.

BONGO SOUND

Si tratta di un semplice circuito, fornito anche in scatola di montaggio (Amtroncraft UK 265 U), capace di riprodurre elettronicamente con grande efficacia e realismo il suono del tamburo bitonale di origine africana (Bongo). La semplice pressione di due pulsanti collegati a due speciali oscillatori, è sufficiente ad azionare il dispositivo, che deve essere collegato all'entrata di un qualsiasi amplificatore di potenza. Mediante la semplice sostituzione di alcuni componenti si può variare la nota base del tamburo sia per i toni alti che per i toni bassi.

In questo modo, con una serie di circuiti semplicemente modificati, si può ottenere un'intera batteria, facendo a meno del notevole ingombro degli strumenti originali. La sua realizzazione è molto semplice e alla portata del principiante. Tutti i vari tipi di strumenti a percussione usati in un'orchestra sono forse di semplice azionamento (anche se un buon batterista necessita di una grande abilità e di un eccellente senso del ritmo), ma dal punto di vista acustico sono quelli il cui funzionamento è più difficile da spiegare. Infatti il suono di uno strumento a percussione della classe dei tamburi, ha una costituzione molto complessa, formata da una nota fondamentale, un gran numero di armoniche, ed una serie di rumori che però non sono casuali, ma servono a dare ad ogni tipo di strumento il timbro caratteristico che lo distingue. È possibile anche fare della musica facendo solo uso di una ben assortita batteria. Le affascinanti musiche rituali usate dalla maggior parte delle tribù africane sono infatti quasi tutte suonate con strumenti a percus-

sione, il cui rappresentante più noto è il cosiddetto « Bongo » che è un tamburo dotato di pelle su ambedue le facce del cilindro di sostegno.

Con l'aiuto dell'elettronica, si è potuto riprodurre abbastanza bene il suono dei vari strumenti che compongono una batteria, richiedendo mezzi modesti e soprattutto un minimo ingombro. Inoltre, con minimi cambiamenti dei componenti del circuito è possibile cambiare a volontà la resa acustica, cosa che è impossibile usando gli strumenti originali, profondamente diversi tra di loro.

Questo kit risulta quindi molto utile per coloro che vogliono esercitare il loro senso del ritmo, od addirittura adoperarlo in un'orchestrina sia per ragioni di economia, di spazio che di denaro.

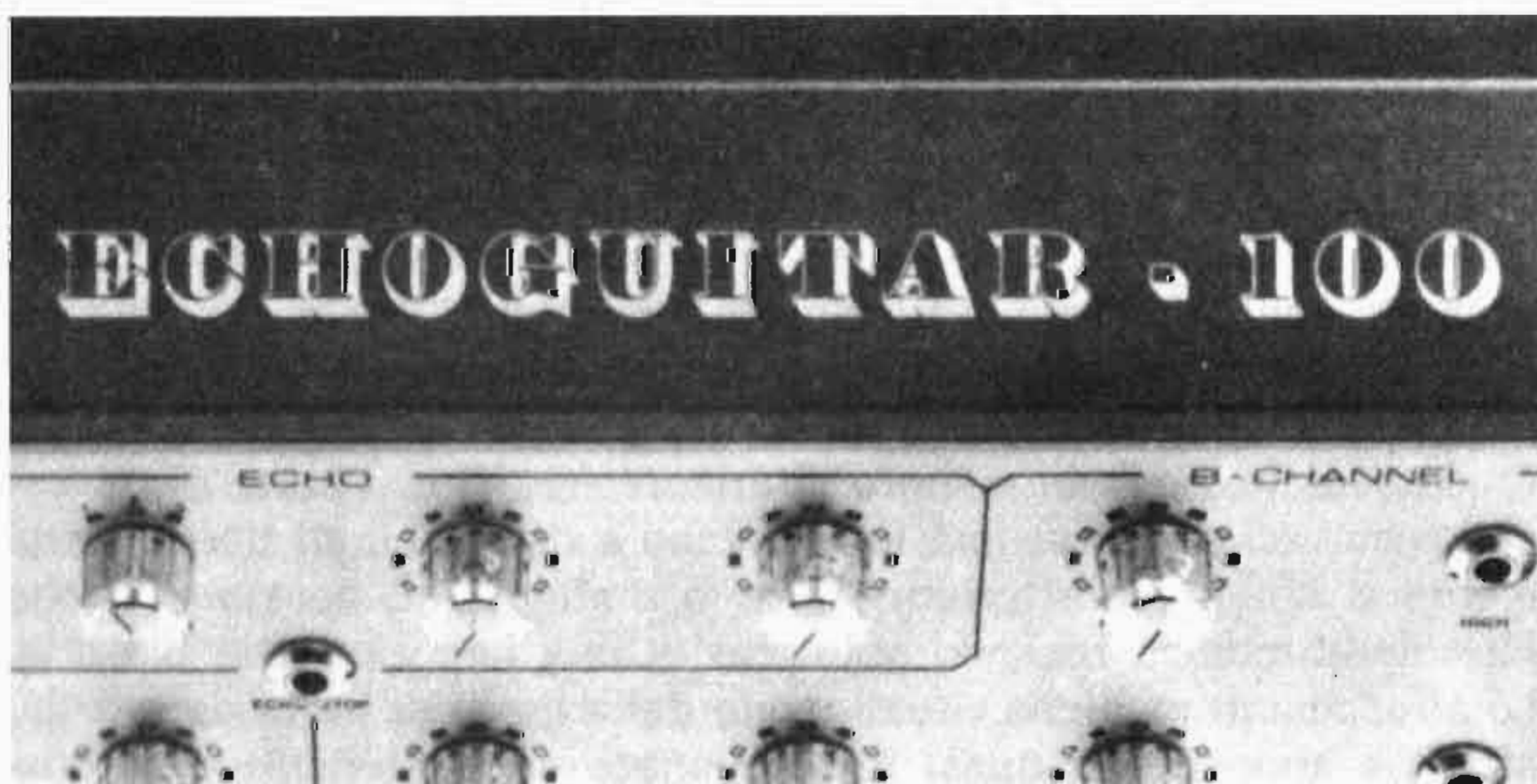
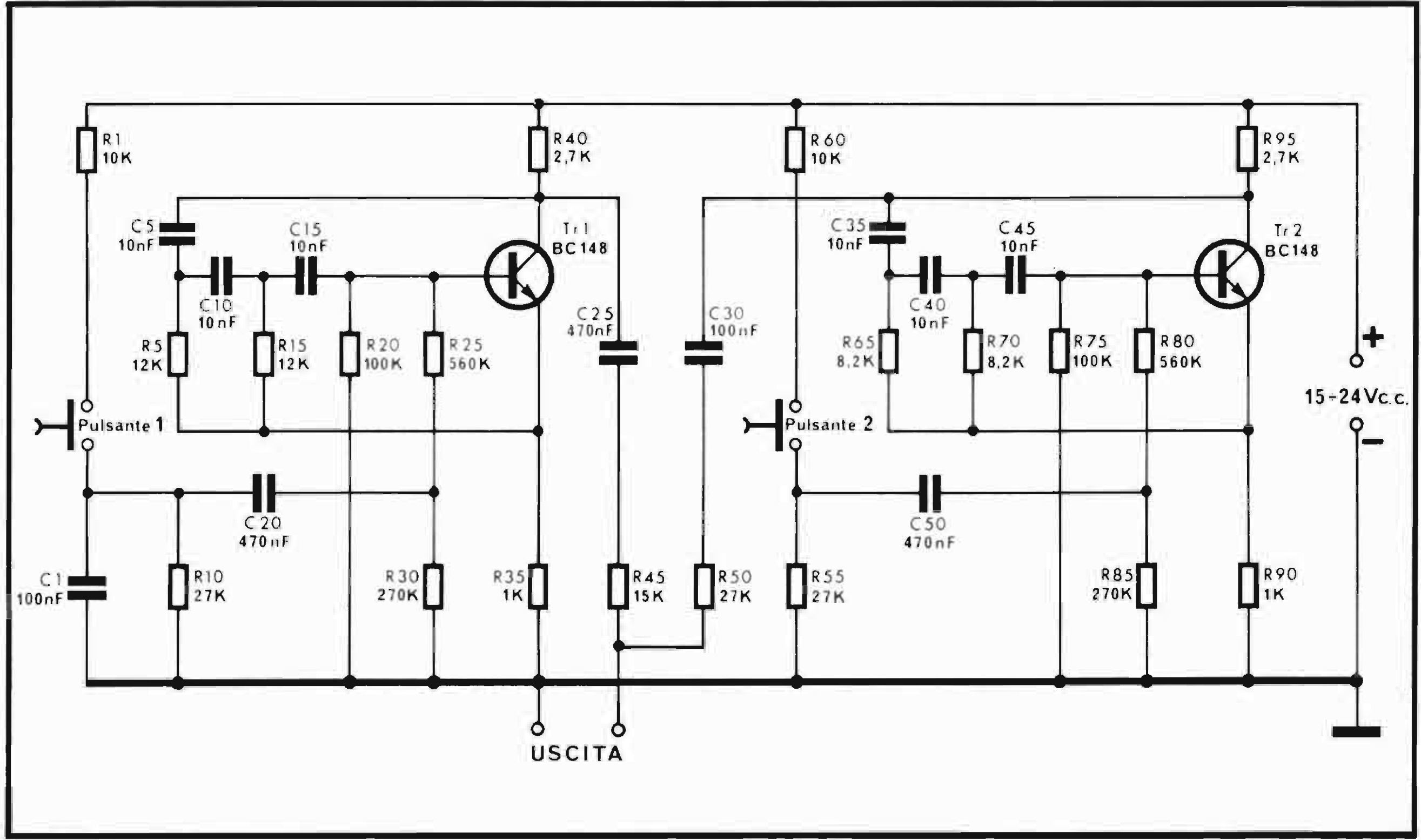
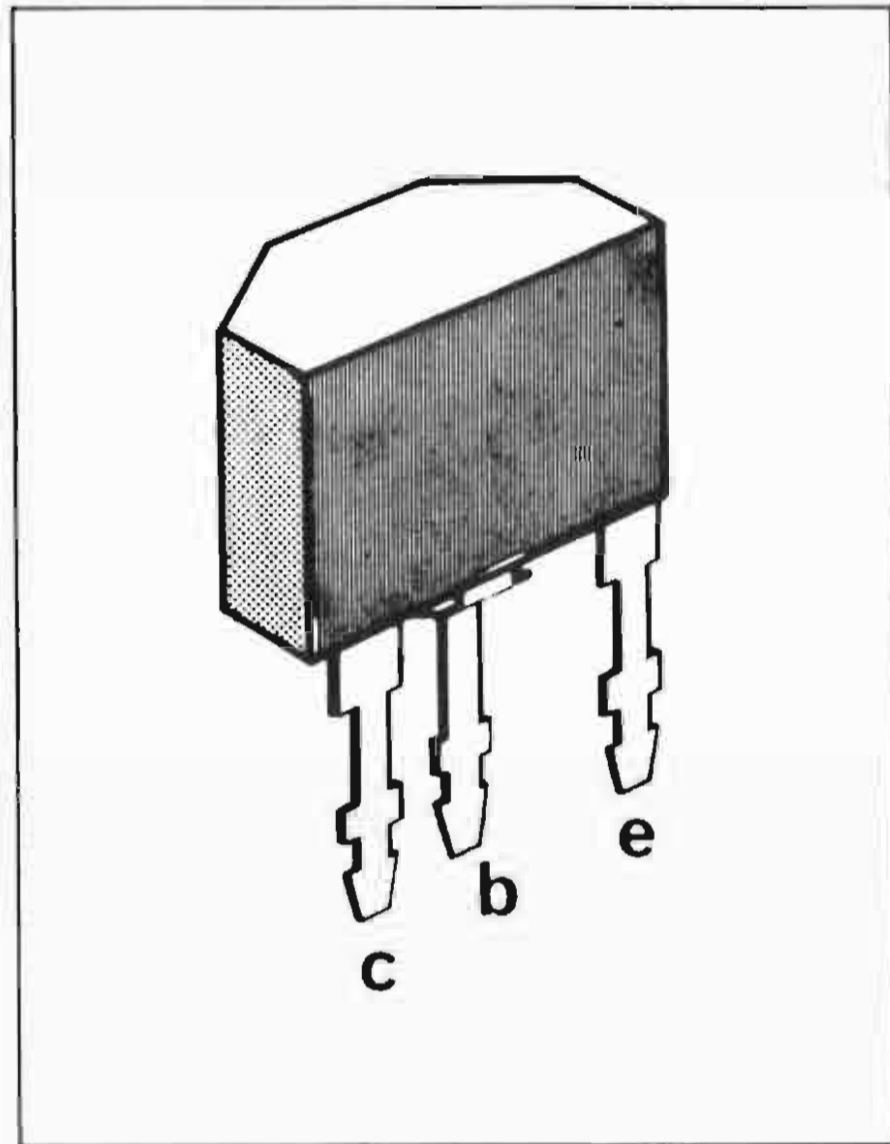
Fornisce il suono di due strumenti a percussione molto diffusi, semplicemente accoppiandolo ad un amplificatore e premendo uno o l'altro dei due pulsanti di cui è dotato.

I suoni riprodotti sono stati scelti per imitare il timpano (bass-drum) ossia un elemento a suono molto basso.

Il secondo pulsante invece fornisce un suono base molto più alto (High bongo).

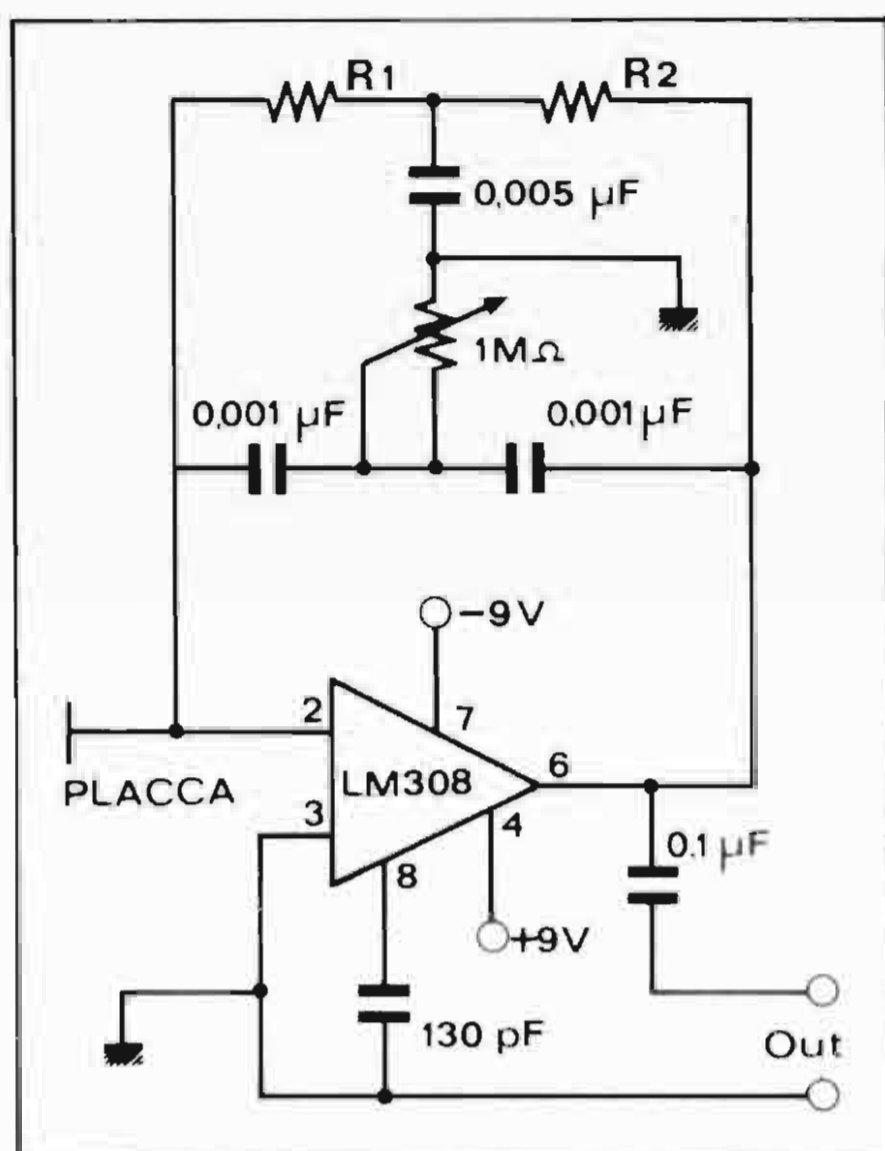
Il circuito si può montare insieme ad altri circuiti già esistenti, con i quali è possibile ottenere la più grande varietà di suoni, di timbri e di effetti. I moderni organi elettronici sono in definitiva una combinazione di un numero più o meno grande di tali circuiti.

Due oscillatori provvedono alla generazione delle note di base. Lo stadio avente come elemento attivo il transistor Tr1 produce il suono più basso (bass-drum). Lo stadio costruito intorno al transistor Tr2 fornisce la nota più alta (High bongo). Il circuito è progettato in modo che, tenendo aperti gli interruttori a pulsante

Schema elettrico del Bongo.

Disposizione terminali del BC 148. In ogni montaggio con transistor assicurarsi dell'esatta disposizione di collettore, emettitore, base.

PULS. 1 e PULS. 2, ambedue gli oscillatori sono bloccati. Quando uno dei due pulsanti viene premuto, un impulso positivo raggiunge il corrispondente transistor.

Nei due oscillatori, due reti RC formate rispettivamente da R1, C1, R10, C20, R30 per i toni bassi e da R60, R55, C50, R85 per i toni alti, definiscono la forma e la durata dell'impulso. Il suddetto impulso si ottiene in quanto la rete RC viene caricata collegandone una estremità al positivo dell'alimentazione per mezzo del pulsante. Quando il pulsante è rilasciato i condensatori si scaricano sulle resistenze delle rispettive reti. La presenza di un solo condensatore nella rete dei toni alti riduce il tempo di riverbero dell'High bongo.

I condensatori C5, C10, C15 stabiliscono la frequenza fondamentale del bass-drum, mentre per lo High bongo la frequenza fondamentale è determinata dai condensatori C35, C40, C45. Si tratta in sostanza di oscillatori ad inversione di fase. Infatti una parte del segnale viene prelevato dal collettore dove, come si sa, il segnale è in opposizione di fase con quello d'ingresso. La rete formata dai condensatori suddetti e dai resistori R5, R15, R20, per il bass-drum ed R65, R70, R75 per lo High bongo gira la fase del segnale di collettore di 180° in modo che si ripresenti in base nella giusta fase e nella giusta intensità da poter intrattenere oscillazioni spontanee.

Il segnale viene prelevato dai collettori dei due transistori e convogliato su un'uscita comune attraverso i due condensatori C25

Un circuito che simula quasi alla perfezione molti strumenti dal triangolo al tamburo, cambiando opportunamente i valori di R1 e di R2 che devono essere sempre uguali fra loro (provare da 33 KOhm per il triangolo via via salendo sino ad 1 MOhm per il tamburo). Per eccitare il circuito basta toccare con le dita una placchetta collegata al pin 2 dell'integrato LM 308 usato. L'uscita OUT va collegata ad un amplificatore.

e C30 e i due resistori R45 ed R50. Naturalmente, premendo ambedue i pulsanti contemporaneamente, i segnali usciranno miscelati con effetti molto suggestivi.

Sostituendo i resistori R45 ed R50 si può cambiare a proprio gusto il rapporto del volume di uscita dei due toni ottenendo anche in questo modo effetti molto vari.

L'alimentazione si può effettuare per mezzo di una batteria oppure di un alimentatore non stabilizzato. La tensione deve essere compresa tra un minimo di 15 V ed un massimo di 24 V. L'assorbimento è molto ridotto (circa 5 mA) e quindi anche con l'alimentazione a batteria, la durata della stessa è molto lunga.

La presentazione del circuito a giorno ne consente il montaggio in qualsiasi posizione si desideri. Si può montarlo insieme ad altri circuiti dello stesso tipo o di tipo diverso su un unico quadro destinato agli effetti speciali, oppure inserirlo in una scatoletta di opportune dimensioni da tenere in mano. Naturalmente nella scatoletta deve essere previsto lo spazio per le batterie (2 x 9 V in serie) o per l'alimentatore.

Secondo il progetto originale, il circuito non è dotato di regolazioni, ma è possibile variare il tono di base dei due oscillatori ed il rapporto delle loro tensioni di uscita mediante la sostituzione di alcuni componenti.

Per cambiare la nota, bisogna variare il valore delle due triplette

di condensatori C5, C10, C15 per i bassi e C35, C40, C45 per gli alti. I valori dei tre condensatori formanti ciascuna tripletta, deve essere uguale.

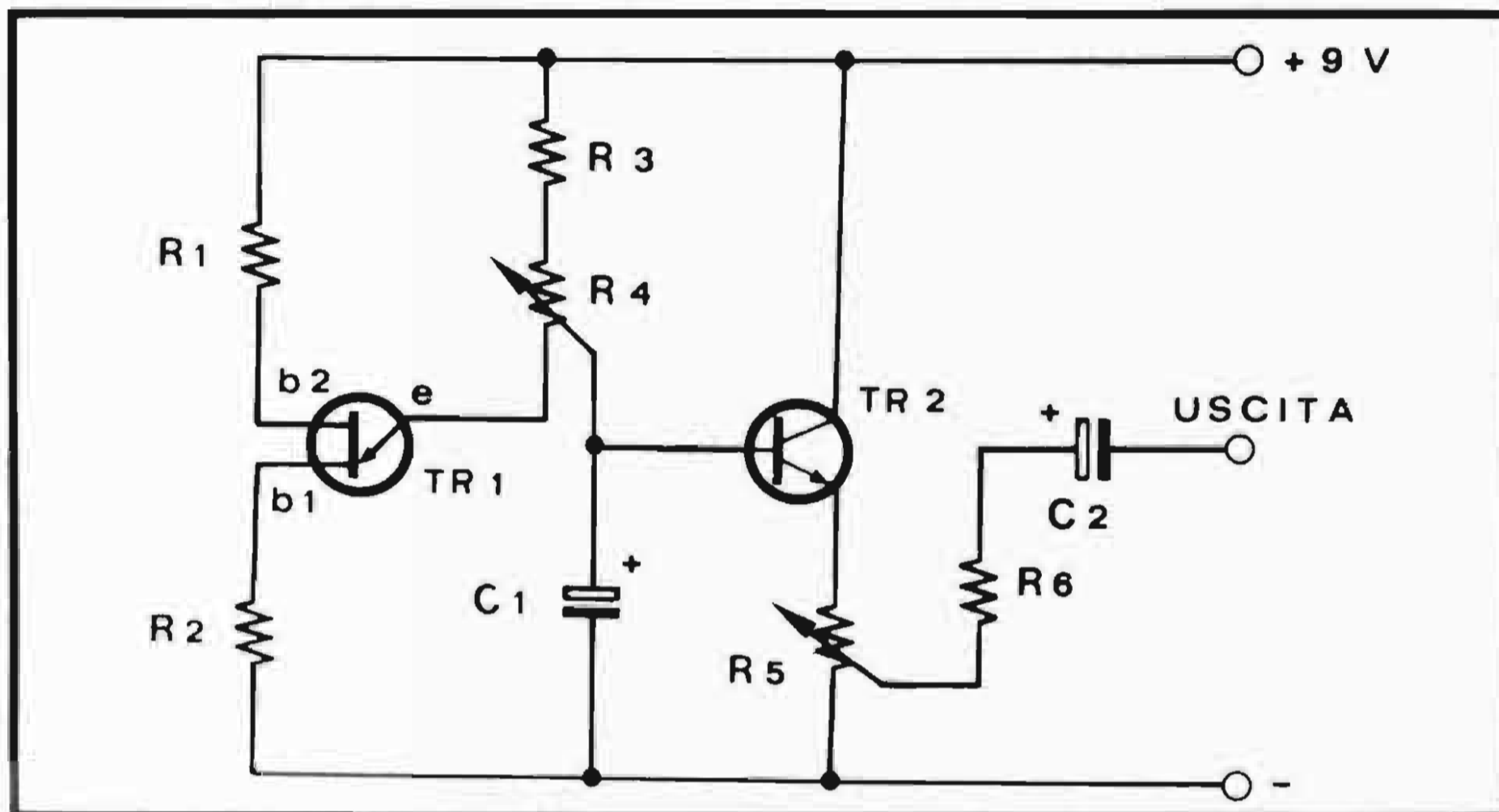
Se il valore aumenta il tono si abbassa mentre se il valore diminuisce il tono si alza. La regolazione si può fare entro certi limiti oltre ai quali il rapporto tra il valore dei resistori e delle capacità dei circuiti invertitori di fase non garantisce più l'oscillazione libera del circuito.

TREMOLO BOX

Il generatore elettronico di tremolo è stato uno dei primi apparecchi per la conversione timbrica del suono ad ottenere una larga diffusione grazie anche alla sua semplicità costruttiva ed al particolare e piacevole effetto che permette di ottenere. Nuova è invece questa impostazione circuitale la quale, grazie anche all'impiego di un transistore unigiunzionale, è molto semplificata rispetto a quella del tremolo tradizionale che impiega oscillatori di diverso tipo — a sfasamento — più complessi e non sempre di sicuro funzionamento.

Il tremolo elettronico produce un segnale a bassissima frequenza che modula l'ampiezza del segnale musicale producendo il caratteristico « tremolio ». Ruotando il perno dei due potenziometri, si varia la frequenza e l'ampiezza del segnale di uscita del tremolo e si ottengono quindi effetti differenti. Questo dispositivo può essere indifferentemente impiegato per la conversione timbrica dei suoni prodotti da chitarre elettriche o da organi elettronici.

Nel primo caso, il segnale di uscita del tremolo deve essere applicato alla base di un transistore dell'amplificatore di BF; nel secondo caso, deve essere inviato agli oscillatori locali che provvedono a generare le varie note.

Il circuito del tremolo è composto principalmente da un oscillatore il quale impiega come elemento attivo un transistore unigiunzionale. L'uso di questo elemento permette di realizzare un apparecchio molto compatto e poco costoso. Il transistore unigiunzionale ha un comportamento del tutto diversò da quello dei comuni

Schema elettrico generale.

transistori; esso viene impiegato esclusivamente come oscillatore principalmente nei dispositivi di controllo della fase dei segnali di innesco degli SCR impiegati nelle apparecchiature di conversione CA-CC. D'altronde si nota subito una certa differenza nei confronti dei transistori comuni dovuta alla presenza di due basi e di un emettitore. Cercheremo ora di dare alcune brevi indicazioni sul funzionamento di tale semiconduttore. La base due e la base uno devono essere collegate rispettivamente al polo positivo e a quello negativo della tensione di alimentazione per mezzo di due resistenze i cui valori devono essere in rapporto di uno a dieci per ottenere un funzionamento ottimale, indipendente dalle variazioni della temperatura ambientale. Quando sull'emettitore non è presente alcuna tensione, la giunzione E-B1 presenta una resistenza altissima.

Per fare in modo che questa giunzione divenga conduttrice, occorre che la tensione di emettitore sia uguale o superiore a η volte la tensione di alimentazione applicata fra B1 e B2. Il coefficiente η (eta) che è caratteristico di ogni transistore unigiunzione, assume generalmente un valore circa uguale a 0,5. Ciò significa che per rendere conduttrice la giunzione E-B1, occorre che la tensione presente sull'emettitore sia uguale a metà della tensione di alimentazione. Nel nostro caso tale tensione dovrà essere uguale a 4,5 V. Se sull'emettitore viene applicato un circuito RC, il transistore passa dallo stato di conduzione a quello di interdizione numerose volte in un secondo, cioè, in altri termini, il transistore oscilla.

COMPONENTI

R1 = 100 Ohm
R2 = 10 Ohm
R3 = 10 Kohm
R4 = 10 Kohm lin.
R5 = 10 Kohm log.
R6 = 10 Kohm
C1 = 10 μF 12 V c. elettrolitico
C2 = 10 μF 12 V c. elettrolitico
TR1 = 2 N 2646
TR2 = BC 108

Un organo in scatola di montaggio. Produzione Kit Compel, San Lazzaro (Bologna).

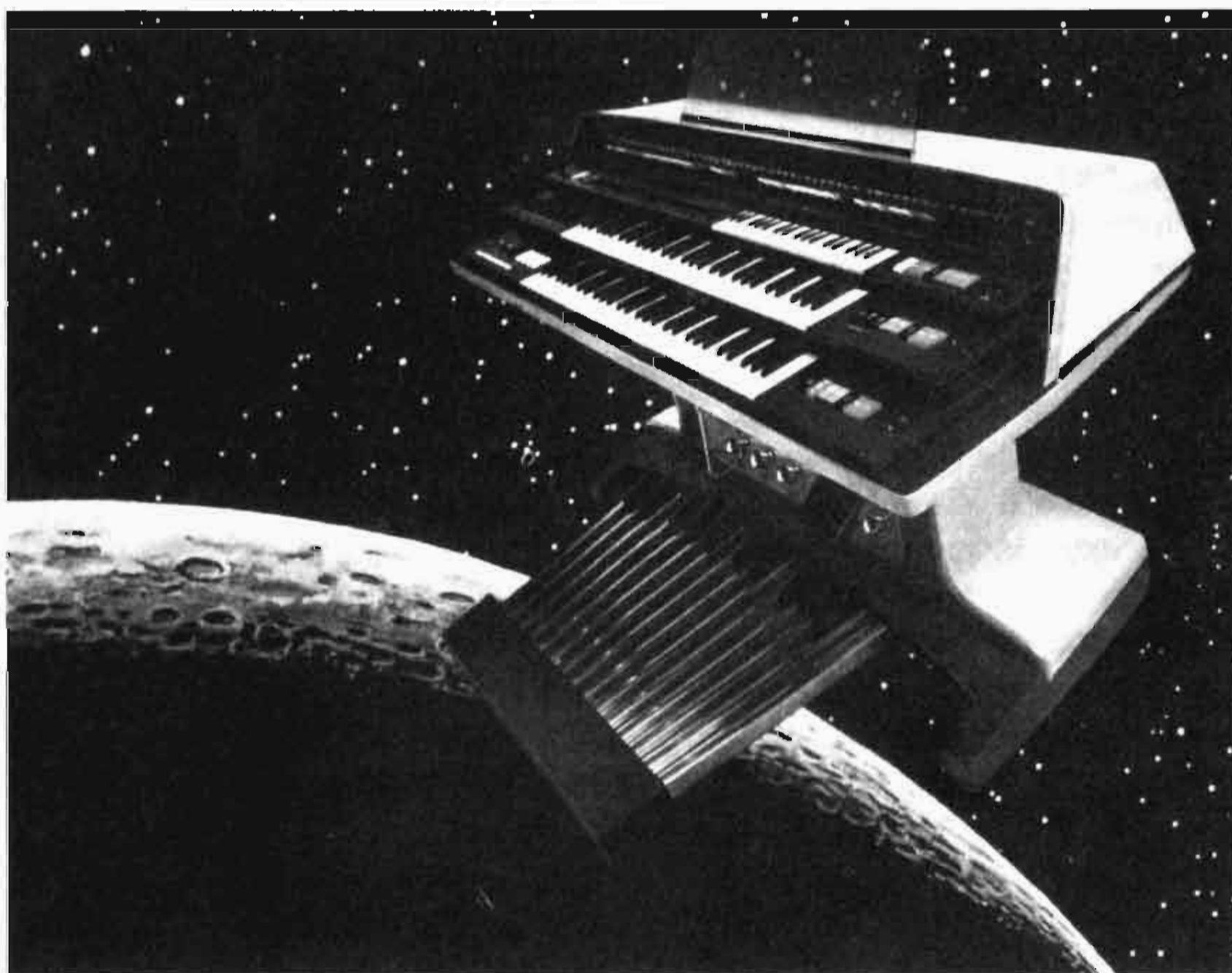
Vediamo come ciò avviene.

Inizialmente il condensatore è scarico e quindi la tensione di emettitore è nulla; a poco a poco, per effetto della corrente che fluisce attraverso la resistenza, il condensatore si carica. Quando il codensatore raggiunge una tensione uguale a η Val., la giunzione E-B1 diventa conduttrice e il condensatore si scarica quasi istantaneamente su R1. A questo punto la giunzione E-B1 si interdice nuovamente e il ciclo si ripete.

La frequenza di oscillazione dipende, come è facilmente intuibile, dai valori di R e di C; nel nostro caso dai valori di C1 e di R3 + R4. Essendo R4 variabile, è possibile, entro certi limiti, variare la frequenza di oscillazione. La forma d'onda presente sulla base B1 è costituita da impulsi rapidissimi, mentre quella presente sull'emettitore è simile ad un dente di sega. Il segnale presente sull'emettitore viene inviato ad un secondo transistore del tipo BC 108, montato nella configurazione a collettore comune. Questo stadio costituisce un adattatore di impedenza fra l'oscillatore e l'utilizzatore. In questo modo si evita che l'impedenza di ingresso del circuito controllato possa influire sulla frequenza del segnale generato dal transistore unigiunzionale. È stato previsto un controllo (R5) dell'ampiezza del segnale di uscita in modo da ottenere un tremolo del segnale controllato più o meno marcato.

Per il montaggio del tremolo elettronico è stato adottato il sistema più semplice e più diffuso sia fra i dilettanti che nell'industria: il circuito stampato.

La preparazione delle basette stampate è molto semplice ed alla portata di tutti gli appassionati di elettronica. Non indugeremo quindi su tale aspetto del montaggio ma daremo alcuni consigli pratici su come rendere la preparazione della basetta più rapida e su come ottenere uno stampato quanto più possibile simile a quello impiegato nel nostro prototipo. Tuttavia nulla vieta di progettarsi da solo lo stampato, operazione che del resto non presenta particolari difficoltà se eseguita con la dovuta attenzione e precisione e se si ha già una certa dimestichezza con i circuiti elettronici.

Esistono diversi modi per riportare sulla piastrina ramata i percorsi delle piste di un apparecchio di cui si abbia a disposizione il disegno dello stampato. Il sistema più semplice consiste nel porre la basetta (lato rame) sotto il foglio sul quale è riportato il disegno (lato rame) dello stampato. In corrispondenza dei terminali dei vari componenti si provvederà ad incidere con uno spillo o con una qualsiasi piccola punta acuminata, il rame della basetta; successivamente, avendo a disposizione sulla basetta — è facile vedere i segni lasciati dallo spillo — i punti in corrispondenza dei quali verranno inseriti i terminali dei componenti, si disegnano le

Organo Yamaha EX 42.

piste seguendo le tracce del disegno. In questo modo vengono rispettate le distanze fra le varie piste e fra i punti di inserzione dei terminali dei componenti evitando così di ritrovarsi alla fine del lavoro nella impossibilità di inserire i componenti perché le distanze fra i fori risultano inferiori a quelle riportate nel disegno originale.

Un altro importante aspetto della preparazione delle basette stampate è rappresentato dalle operazioni di corrosione della basetta stessa per mezzo di soluzioni contenenti cloruro ferrico. Molti sperimentatori infatti, s'impazientiscono alquanto quando, pur avendo preparato una soluzione sufficientemente concentrata devono aspettare diverse ore prima che la piastra venga corrosa completamente. A tale proposito, riveste particolare importanza la temperatura del bagno che dovrà essere quanto più elevata possibile. Infatti, per corrodere la stessa basetta a parità di concentrazione, una soluzione a 10°C impiega un tempo che è due volte superiore di quello impiegato da una soluzione a 60°C. Inoltre il cloruro ferrico solido si scioglie molto più in fretta in acqua calda che non in acqua fredda. Il sistema più pratico per riscaldare il bagno consiste nel porre la bacinella con la soluzione sopra ad un termosifone.

Ultimata la preparazione della basetta, si inizierà ad inserire ed a saldare i vari componenti sulla basetta stessa. Per evitare di saldare i semiconduttori si possono impiegare gli appositi zoccoli plastici in vendita presso tutti i rivenditori di materiale elettronico. I potenziometri potranno essere montati indifferentemente direttamente sulla basetta o, come abbiamo fatto noi, lasciati liberi di essere sistemati dove si riterrà più opportuno; naturalmente in

questo caso occorre unire i potenziometri alla basetta con degli spezzoni di filo.

L'apparecchio può essere sistemato all'interno di un contenitore o direttamente dentro la cassa della chitarra. Quest'ultima soluzione è la più comoda in quanto consente al chitarrista di avere sotto mano tutti i comandi. Considerato il limitato consumo del tremolo, la tensione di alimentazione potrà essere fornita da una piccola batteria da 9 V.

LO XILOFONO

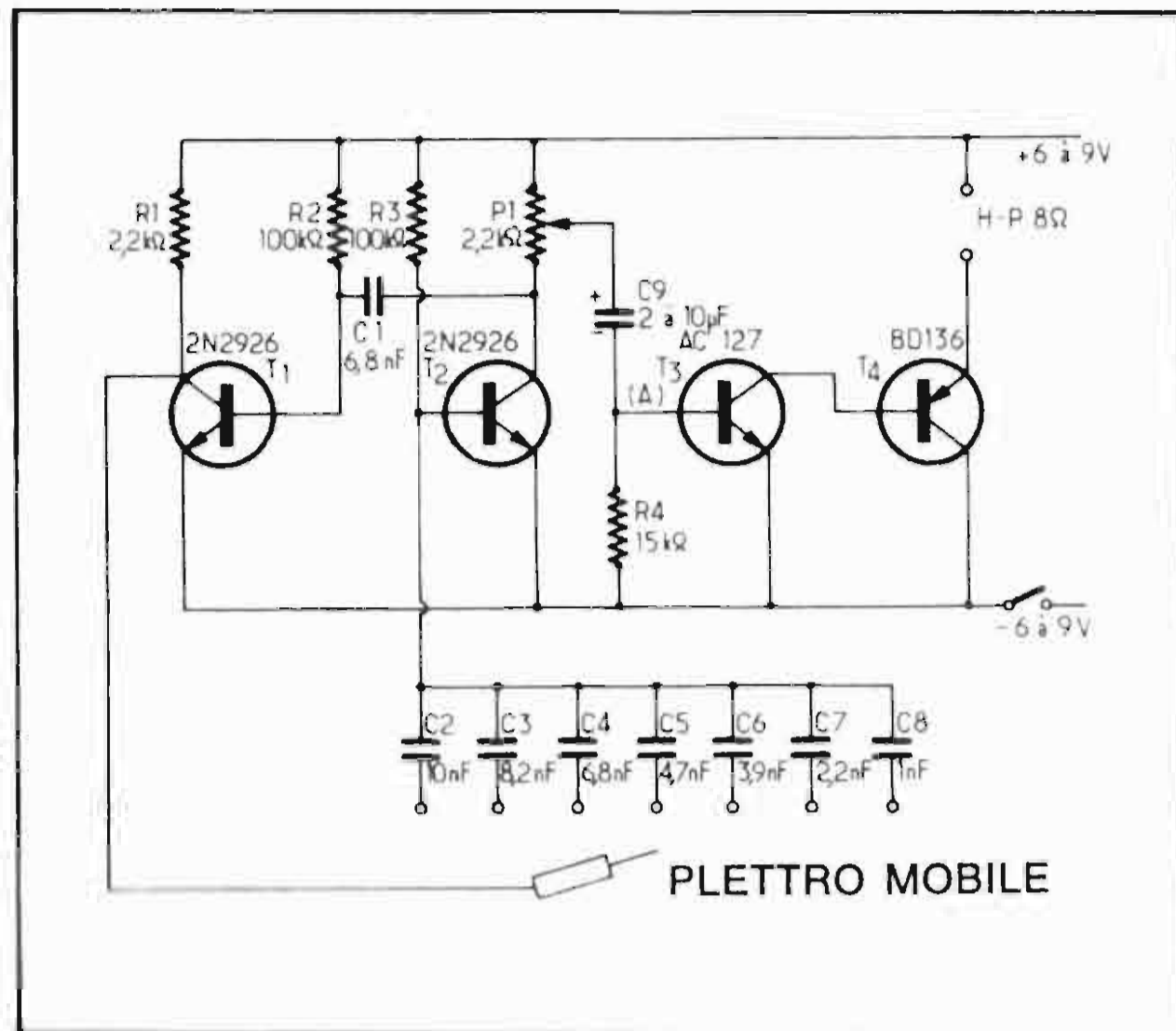
Cos'è uno xilofono? Si tratta di uno strumento musicale a lamine vibranti, ciascuna delle quali riproduce una « nota » della scala musicale. Lo xilofono tradizionale, a tale scopo, possiede lamine di diversa lunghezza, disposte in ordine decrescente dalla più lunga, che produce la nota più bassa, alla più corta che dà invece quella più alta.

Da un punto di vista pratico, lo xilofono è senz'altro uno strumento validissimo; infatti, non richiede operazioni periodiche di accordatura, e non è soggetto a guasti. È maneggevole, facile da trasportare, e può essere agevolmente usato anche all'aperto. Inoltre, anche limitatamente alla sola estensione delle sette note musicali, consente di eseguire semplici melodie a chiunque, non essendo necessaria la conoscenza della musica. È insomma il classico strumento da suonarsi « ad orecchio ».

La realizzazione pratica di questo xilofono è inoltre basata su una « strategia » di montaggio che gli consente di trasformarsi in una tastiera « di fortuna ».

Il principio di funzionamento pratico dell'apparecchio è limitato ad un plettro mobile (contatto) che l'esecutore fa scorrere lungo i contatti fissi (tastiera), ciascuno dei quali riproduce una nota diversa dalla gamma sonora.

Lo schema di principio generale dello xilofono è presentato in figura: si nota immediatamente l'utilizzazione di 4 transistors, uno dei quali è di potenza. La parte centrale del montaggio è basata sull'impiego di un multivibratore ad accoppiamento incrociato,

Schema elettrico dello xilofono.

equipaggiato con 2 normali transistors 2N2926. Ogni transistor è montato in funzione di emittore comune, e a tale scopo comporta una resistenza di carico di 2,2 kOhm, ed una polarizzazione di base di 100 kOhm. Il mantenimento delle oscillazioni è procurato dalla presenza di 2 condensatori, disposti rispettivamente alla base di un transistor al collettore del transistor seguente.

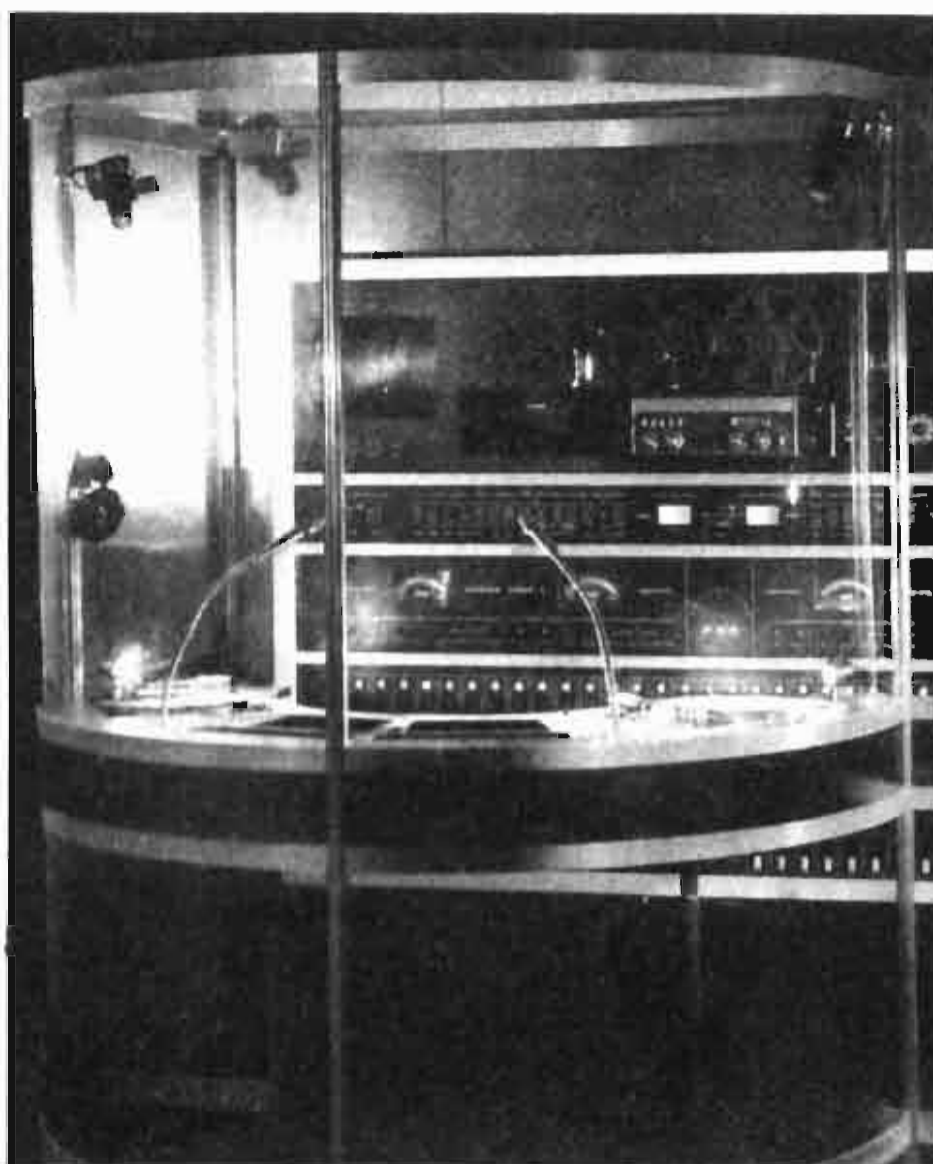
Ad ogni nota corrisponde un condensatore apposito e questo è il motivo per cui i condensatori, da C2 a C8, sono stati scelti di valore decrescente. In effetti, esistono 2 possibilità di modificare la frequenza del circuito multivibratore: sia cambiando la polarizzazione di base tramite l'inserimento di un elemento variabile, e conservando dei condensatori fissi, che operando inversamente, come è illustrato sullo schema. Poiché la funzione dell'apparecchio è limitata allo sfruttamento di note diverse, non è stata prevista nel montaggio alcuna regolazione di frequenza.

La resistenza di carico del transistor T2 è infatti costituita totalmente dalla parte inserita della resistenza del potenziometro P1.

Quest'ultimo permette di regolare il livello di BF, poiché è sul collettore del transistor T2 che vengono prelevate le tensioni BF d'uscita. Segue nel circuito un amplificatore di BF semplificato a 2 transistors ove il finale è un transistor di potenza BD 136 in custodia plastica.

I due transistors sono montati in collegamento diretto in ragio-

COMPONENTI

R1 = 2,2 Kohm
R2 = 100 Kohm
R3 = 100 Kohm
R4 = 15 Kohm
P1 = 2,2 Kohm pot. log.
C1 = 6,8 nF
C2 = 10 nF
C3 = 8,2 nF
C4 = 6,8 nF
C5 = 4,7 nF
C6 = 3,9 nF
C7 = 2,2 nF
C8 = 1 nF
C9 = 10 μF
T1 = 2 N 2926
T2 = 2 N 2926
T3 = AC 127, 2 N 2222, 2 N 1711
T4 = BD 136

ne della loro complementarità NPN (AC127) e PNP (BD136). In queste condizioni, una sola resistenza di polarizzazione R4 procura il guadagno necessario a questo scopo.

La bobina mobile da 8 Ohm d'impedenza del piccolo altoparlante, per ragioni di adattabilità, è inserita nel circuito emettitore del transistor BD136.

Infine, l'alimentazione del montaggio può essere graduata da 6 a 9 V, procurati da 4 batterie a torcia da 1,5 V, oppure da 2 batterie piatte da 4,5 V.

Il tutto può essere realizzato in una cassetta in compensato a forma di leggio che lascia sporgere, grazie ad una finestrella, soltanto la tastiera, che a sua volta è parte integrante del circuito stampato. Per condurre a buon fine una realizzazione del genere è necessario, in tutti i punti di collegamento del circuito stampato con gli elementi esterni, dotare il circuito stesso di boccole, e delle loro relative spine.

Il potenziometro P1, inoltre, può venir riportato sulla faccia anteriore della cassetta inclinata in forma di leggio, proprio sulla parte alta.

Il collegamento con le pile di alimentazione, il plettro mobile e l'interruttore saranno quindi provvisti di queste boccole, che permetteranno di fissare il circuito stampato all'interno della cassetta senza aver bisogno di effettuare delle saldature delicate dopo il

montaggio.

Un manicotto d'adattamento sistemato su uno dei lati dell'apparecchio permetterà di creare il contatto con il plettro mobile, costituito in effetti da un conduttore flessibile le cui estremità saranno dotate di spine a banana.

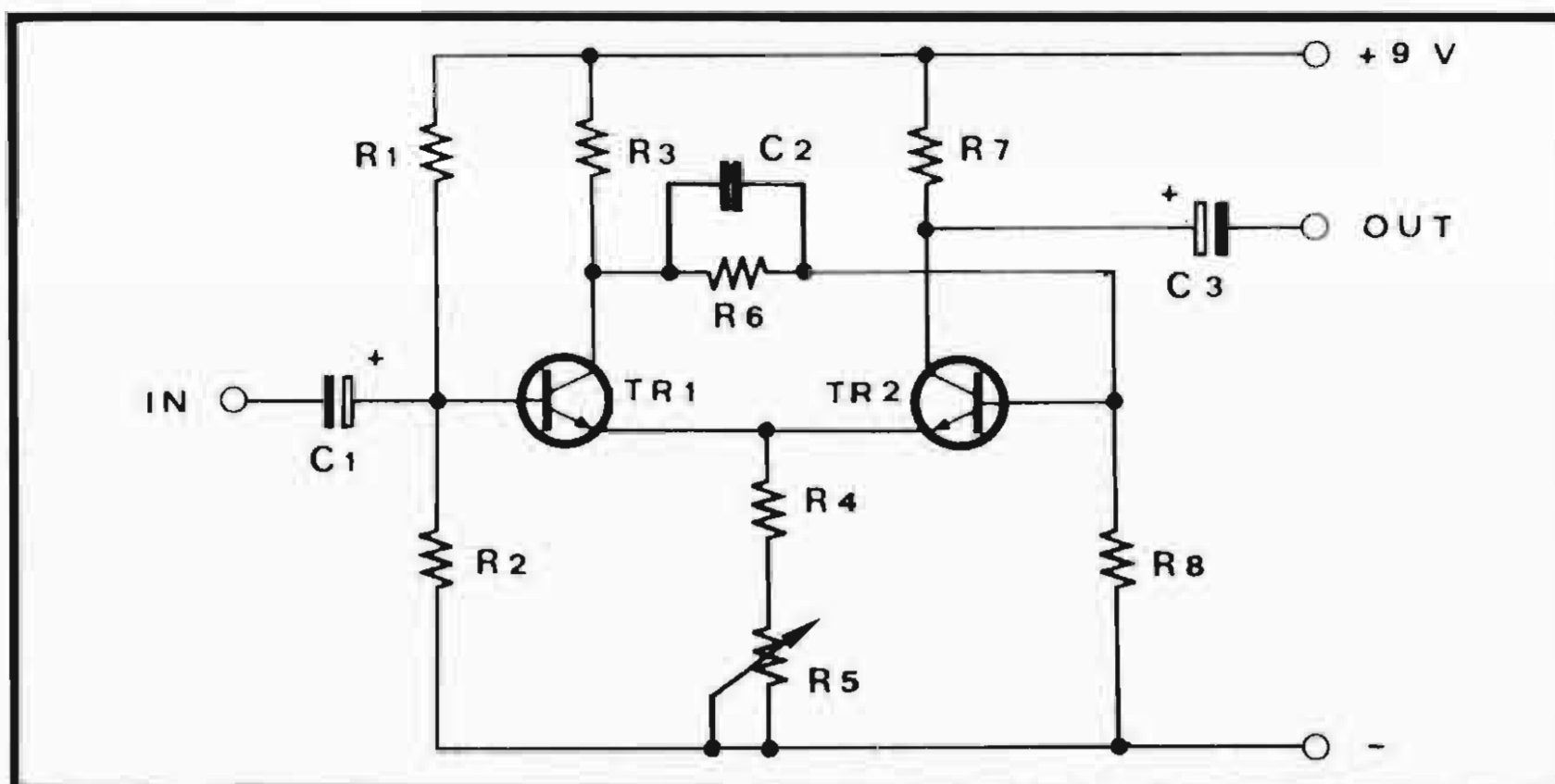
Non sarà necessaria alcuna messa a punto; se il montaggio sarà stato effettuato correttamente, spostando il plettro mobile sulle puntine che costituiscono la tastiera, le note dovranno scaturire con una potenza che sarà sufficiente regolare per mezzo del potenziometro.

Si eviterà di toccare con le dita la parte metallica del plettro mobile, per non provocare disturbi, dal momento che si tratta del collettore del transistor T1; il problema comunque non si porrà, poiché il plettro, ossia la spina a banana, è isolato.

GUITAR DISTORSORE

Il distorsore è senza dubbio una delle apparecchiature elettroniche più usate dai chitarristi per ottenere nuovi timbri, nuovi « sounds », sempre diversi e sempre più strani. Il distorsore è un dispositivo in grado di distorcere i suoni e quindi di modificarne il timbro; dal momento che è possibile distorcere il suono in mille modi diversi, si comprende come sia possibile ottenere numerosi timbri differenti.

L'unica caratteristica del suono sulla quale il distorsore non deve agire è la frequenza; tutte le altre caratteristiche — fase, timbro, ampiezza — possono essere manipolate. Ciò d'altronde è intuitivo: se venisse variata la frequenza dei suoni, verrebbero a mancare i giusti rapporti di frequenza fra nota e nota e quindi non si potrebbe parlare più di musica ma di « rumori ». I moderni distorsori agiscono generalmente sulla forma d'onda del segnale e di conseguenza sul numero e sull'ampiezza delle armoniche; altri distorsori eliminano determinate frequenze o ne esaltano altre. Il nostro distorsore modifica la forma d'onda del segnale trasformando in impulsi rettangolari i segnali d'uscita generalmente quasi sinusoidali lasciando naturalmente invariata la frequenza. In questo modo si ottiene una distorsione molto accentuata e di conseguenza un timbro completamente diverso. Il circuito elettrico — come si può vedere dallo schema — è molto semplice ed i componenti impiegati sono facilmente reperibili.

Questo distorsore, come già accennato, converte il segnale sinusoidale in un segnale rettangolare avente la medesima frequen-

Schema elettrico generale.

za. In questo modo si ottiene un timbro molto diverso da quello originale. Il segnale sinusoidale o quasi sinusoidale infatti, presenta un limitato numero di armoniche di ampiezza modesta; il segnale rettangolare invece si può considerare come formato da un numero infinito di segnali sinusoidali di frequenze diverse. Il circuito che provvede a tale conversione è un classico trigger o discriminatore di Schmitt ben noto agli appassionati di elettronica. Il funzionamento di tale circuito è abbastanza semplice, almeno a grandi linee. Esso è composto da due transistori, del tipo BC108, i cui emettitori sono uniti assieme e collegati a massa per mezzo di una resistenza variabile. La tensione di base del primo transistore, determinata dai valori di R1 e R2, ha un valore inferiore a quello della tensione di emettitore. Essendo quindi la giunzione B-E polarizzata inversamente, il primo transistore è interdetto e la tensione presente sul suo collettore è molto prossima a quella di alimentazione (9 V).

La base del secondo transistore è collegata al collettore del primo mediante una resistenza ed un condensatore da 1000 pF il compito del quale è quello di aumentare la velocità di commutazione del discriminatore. Essendo la tensione di collettore del primo transistore prossima a quella di alimentazione, attraverso la resistenza R6 fluisce una certa corrente che provoca la conduzione

COMPONENTI

R1 = 22 Kohm
R2 = 1 Kohm
R3 = 1,5 Kohm
R4 = 220 Ohm
R5 = 470 Ohm lin.
R6 = 10 Kohm
R7 = 1,5 Kohm
R8 = 4,7 Kohm
C1 = 5 μF 12 V
C2 = 1000 pF ceramico a disco
C3 = 10 μF 12 V
TR1 = BC 108
TR2 = BC 108

Amplificatore per basso Tekson.

del secondo transistore. Perciò, quando in ingresso non è presente alcun segnale, il circuito assume lo stato ora descritto (TR1 interdetto, TR2 in conduzione).

Questo stato può essere modificato qualora la tensione presente in ingresso (cioè sulla base di TR1) abbia un livello sufficientemente elevato da rendere positiva la giunzione B-E e provocare quindi la conduzione del transistore. Il passaggio dallo stato di interdizione a quello di conduzione, provoca l'abbassamento della tensione di collettore che a sua volta comporta l'interdizione del secondo transistore. Il circuito rimane in questo stato fino a quando il valore della tensione presente in ingresso risulta superiore a quello della cosiddetta tensione di soglia ($Vs = Vemet. + Vbe - Vb$). Non appena la tensione scende al disotto di questo valore, lo stadio ritorna nella condizione iniziale. Queste commutazioni sono evidenziate dalle variazioni della tensione di collettore di TR2 la quale, a seconda della tensione presente in ingresso assume valori differenti.

Applicando quindi in ingresso un segnale sinusoidale di opportuna ampiezza si ottengono in uscita delle onde perfettamente rettangolari. Regolando il potenziometro R5, è possibile variare la tensione di emettitore e quindi anche la tensione di soglia in funzione dell'ampiezza del segnale disponibile in ingresso e del grado di distorsione desiderato. Il segnale di ingresso dovrà avere, in ogni

caso, un'ampiezza superiore ad 1 volt. Risulta quindi impossibile collegare l'uscita del pick-up per esempio di una chitarra direttamente all'ingresso del distorsore in quanto l'ampiezza del segnale risulterebbe insufficiente per pilotare il distorsore. Occorre quindi prelevare il segnale dall'uscita del preamplificatore oppure se ciò non fosse possibile, adottare un preamplificatore ausiliario da inserire fra l'uscita della chitarra e il distorsore.

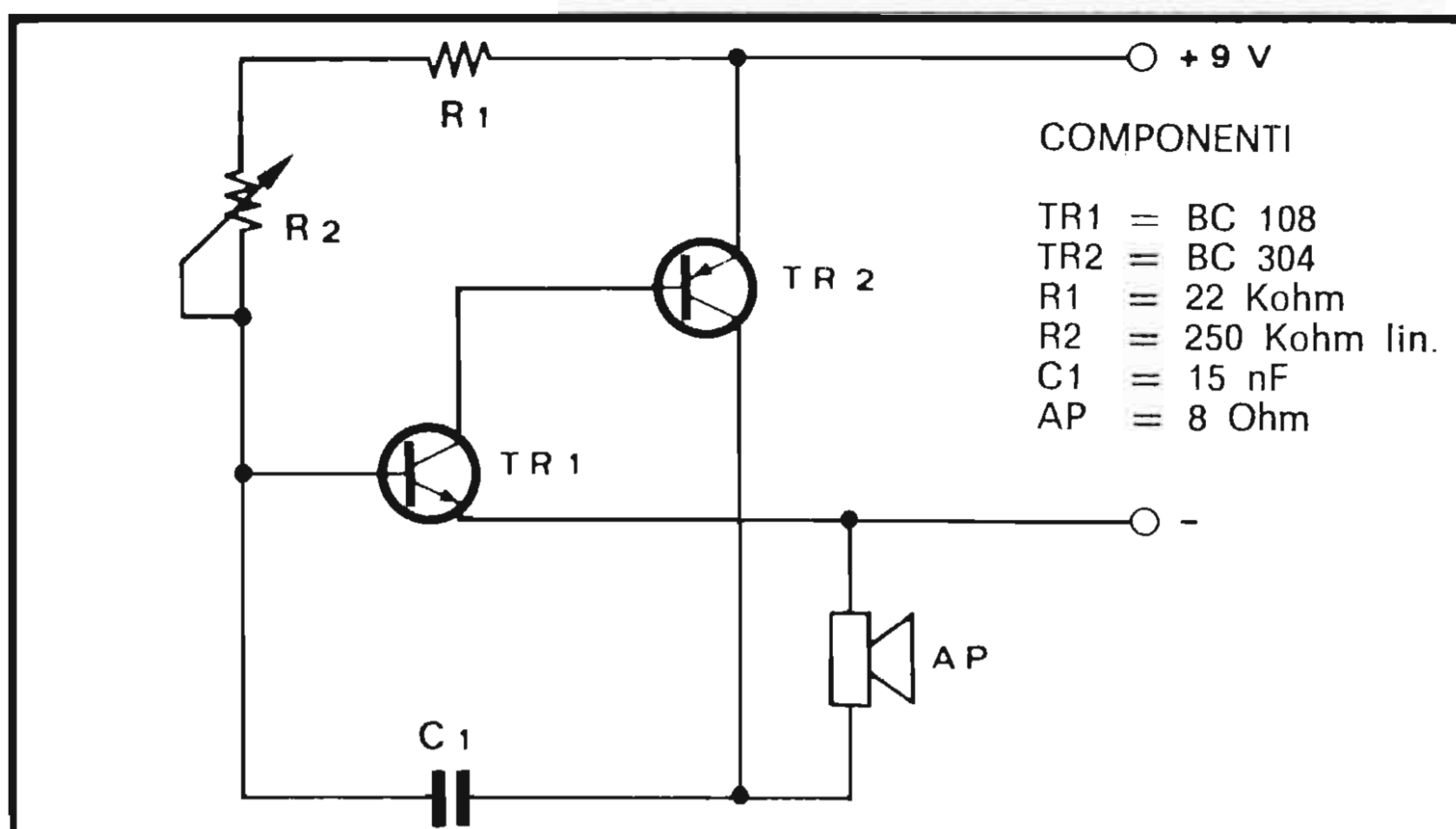
Il circuito stampato del distorsore ha delle dimensioni molto contenute e può essere facilmente sistemato all'interno di una qualsiasi chitarra elettrica. Prima di iniziare il montaggio si dovrà preparare la basetta stampata seguendo il disegno del circuito stampato che misura appena 35 x 60 mm. Prima di essere impiegata, la basetta dovrà essere pulita con un batuffolo di cotone imbevuto d'alcool con il quale si asporteranno eventuali tracce d'ossido. Si potrà quindi incominciare a cablare i vari componenti. Si inizierà a inserire ed a saldare le resistenze i cui terminali, facilmente ossidabili, dovranno essere puliti con un raschietto o con un po' di carta vetrata.

Successivamente andranno sistemati i condensatori due dei quali (C1 e C3) sono elettrolitici. Inserendo questi componenti sulla basetta quindi, occorre prestare particolare attenzione alla loro polarità in quanto, un errore nella inserzione di tali componenti potrebbe provocare, oltre al mancato funzionamento del distorsore anche la distruzione dei condensatori. Al contrario di quanto si ritiene, anche i condensatori elettrolitici soffrono l'eccessivo calore e quindi la saldatura dei terminali di questi componenti andrà fatta con la massima cura e nel minor tempo possibile. Anche durante la saldatura dei terminali dei transistori si dovrà procedere con la massima celerità in quanto, come noto, questi componenti, in maggior misura dei condensatori, soffrono l'eccessivo calore che potrebbe danneggiare le microscopiche saldature interne. Con l'impiego degli zoccoli portatransistori non si corre invece alcun pericolo. A questo punto, con degli spezzoni di filo di lunghezza opportuna, si collegheranno i terminali del potenziometro alla basetta. Per l'alimentazione del distorsore è stata impiegata una piccola pila da 9 V.

IL METRONOMO

Tutti coloro che seguono o che hanno seguito dei corsi musicali sanno quanto il metronomo si renda prezioso nell'apprendimento di questa materia. Come dice il nome stesso (dal greco metron = misura, nomos = legge), questo strumento, inventato quasi duecento anni fa, viene impiegato per scandire il tempo musicale. Il metronomo classico (metronomo Maelzel) è uno strumento simile ad un pendolo rovesciato azionato da un congegno ad orologeria; dal contenitore, solitamente a forma di piramide, fuoriesce un'astina graduata sulla quale viene fatto scorrere un peso la posizione del quale determina la frequenza delle oscillazioni.

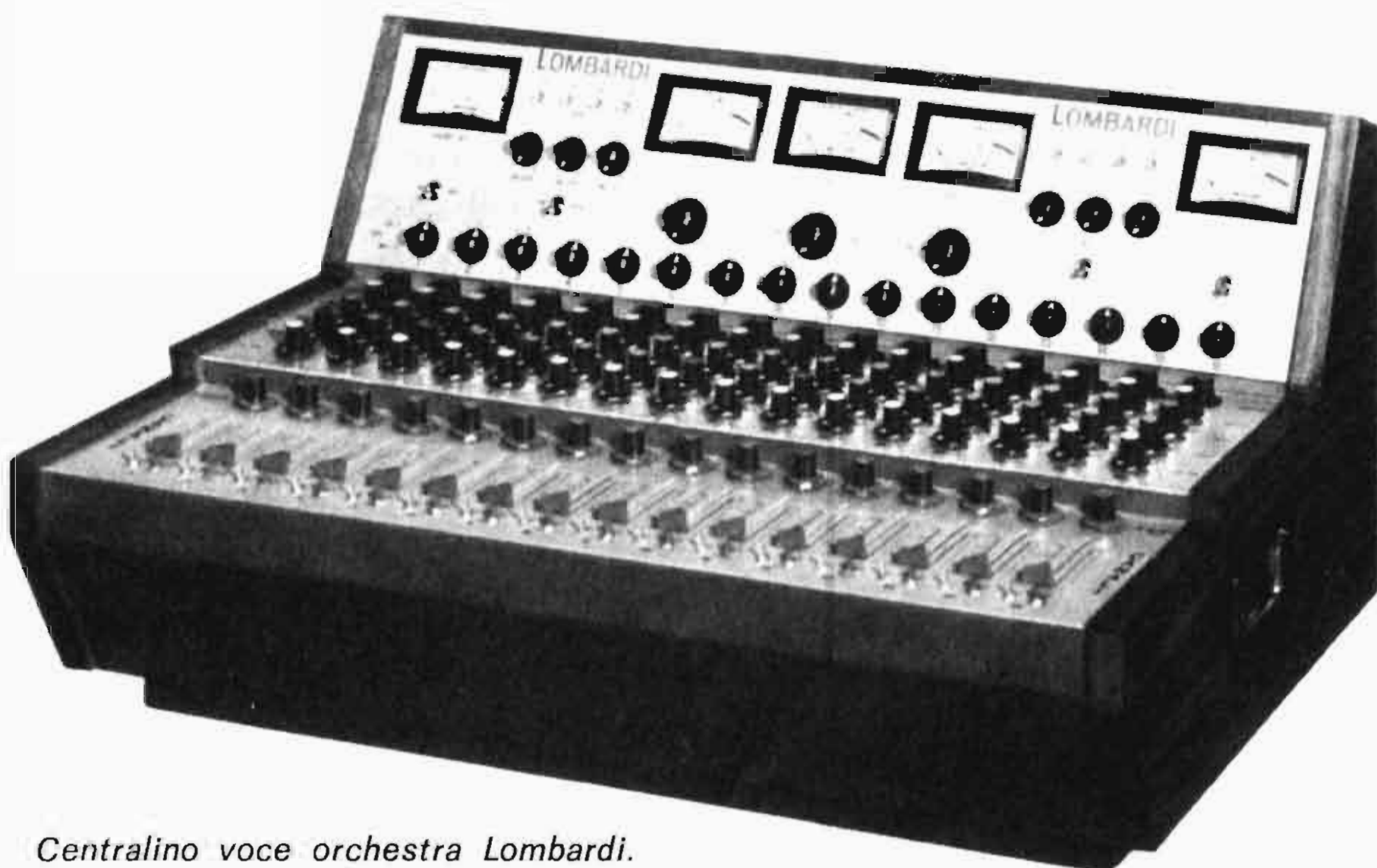
Nel metronomo tradizionale queste oscillazioni hanno una frequenza ben precisa compresa fra i 40 ed i 208 periodi al minuto primo. Ad ogni « movimento » musicale (grave, adagio, andantino, allegro, vivace ecc.) corrisponde una certa frequenza fornita dal metronomo in modo che l'esecutore del brano musicale non possa alterare minimamente il tempo del movimento. Ad es., all'allegro corrisponde una frequenza di 100 periodi al minuto primo.

Il metronomo tradizionale può essere vantaggiosamente sostituito da un semplice dispositivo elettronico il quale, oltre ad evitare le operazioni di ricarica, presenta delle dimensioni molto più contenute. Inoltre, il metronomo elettronico che come vedremo in seguito è realizzato con pochissimi componenti, viene a costare meno di un metronomo tradizionale. Ma, a prescindere da queste considerazioni di carattere economico, la presenza di questo apparecchietto diverso dal solito rende più piacevole lo studio e contri-

Schema generale metronomo.

buisce a fare passare più in fretta le pesanti ore di solfeggio.

Il circuito del metronomo non è altro che un semplice oscillatore formato da due soli transistori la cui frequenza di oscillazione può essere variata per mezzo di un potenziometro. Il circuito di un qualsiasi oscillatore è molto simile a quello di un amplificatore; rispetto a quest'ultimo esso presenta una reazione positiva (di tensione o di corrente) in modo tale che in uscita sia costantemente presente un segnale la cui frequenza è funzione dei valori degli elementi resistivi e reattivi che formano il circuito di reazione.

Come dice la parola stessa, la reazione consiste nel riportare in ingresso una parte o tutto il segnale di uscita il quale, affinché insorga l'oscillazione, deve avere una ampiezza sufficiente ed inoltre deve essere sfasato di 360° rispetto al segnale di ingresso. Su tali principi si basa anche il nostro metronomo. Infatti, se non consideriamo il condensatore elettrolitico C1, il circuito formato da TR1 e da TR2 non è altro che un amplificatore accoppiato in continua. Attraverso la resistenza R1 ed il potenziometro R2 fluisce la corrente di base necessaria alla polarizzazione del primo transistore e quindi, essendo i due transistori direttamente accoppiati, anche alla corretta polarizzazione del transistore TR2.

Supponiamo ora di applicare un segnale all'ingresso (base di TR1) del metronomo e vediamo quali alterazioni (di ampiezza e di fase) tale segnale subisce passando attraverso i vari stadi del

Centralino voce orchestra Lombardi.

circuito. Il segnale applicato alla base di TR1 viene amplificato da questo numerose volte e, soprattutto, subisce uno sfasamento di 180°. Quindi, il segnale applicato alla base di TR2 è già sfasato di 180° rispetto al segnale di ingresso. Il segnale viene ulteriormente amplificato e sfasato di altri 180° per cui, il segnale presente sul collettore di TR2 risulta sfasato di 360° rispetto al segnale di ingresso (180° + 180° = 360°). Se questo segnale viene riportato in ingresso tramite un condensatore, come avviene nel nostro metronomo, il circuito entra in oscillazione e rimane stabilmente in questo stato.

In pratica, il segnale di ingresso del quale fino a questo momento abbiamo supposto l'esistenza non è altro che un disturbo di qualsiasi genere (generalmente provocato dall'accensione dell'apparecchio) che permette l'innesco dell'oscillazione. La frequenza di oscillazione del metronomo, frequenza che deve essere molto bassa, dipende dai valori del condensatore C1, della resistenza R1 e del potenziometro R2; ruotando il perno di quest'ultimo quindi si varia la frequenza di oscillazione del circuito. L'altoparlante di 8 Ohm o di valore superiore collegato fra il collettore di TR2 e la massa rappresenta l'uscita del metronomo. L'intensità del suono è notevole nonostante le ridotte dimensioni dell'altoparlante in quanto, la corrente che fluisce nella bobina dell'altoparlante è abbastanza elevata, dell'ordine di 500 mA. Tale corrente è inferiore alla

massima corrente di collettore di TR2 (1000 mA) che è del tipo BC304 di facile reperibilità e di basso costo. L'altro transistore è del tipo BC108 o equivalente.

La tensione di alimentazione non è affatto critica: con tensioni di alimentazione comprese fra 4,5 e 12 volt il circuito funziona perfettamente e non si verificano anomalie di sorta.

Il montaggio del metronomo è molto semplice: esso si riduce essenzialmente alla saldatura dei terminali dei pochi componenti impiegati.

Il circuito stampato ha dimensioni ridottissime misurando appena 22 x 40 mm. Considerata la semplicità del circuito ed il numero ridotto dei componenti impiegati si potrà anche approntare un montaggio del tipo « in aria ». Comunque, la prima soluzione rimane la più valida anche se, come sappiamo, richiede un tempo supplementare per la preparazione della basetta stampata.

Ultimato il cablaggio della basetta, si prepareranno alcuni spezzoni di filo di lunghezza opportuna con i quali si effettueranno le connessioni fra l'altoparlante e la basetta e fra quest'ultima ed il potenziometro.

L'altoparlante deve avere una impedenza uguale o superiore a 8 Ohm; è sconsigliabile impiegare altoparlanti di impedenza inferiore in quanto ciò provocherebbe un aumento della corrente che fluisce attraverso la bobina dell'altoparlante e attraverso la giunzione C-E di TR2 la quale potrebbe danneggiarsi irreparabilmente.

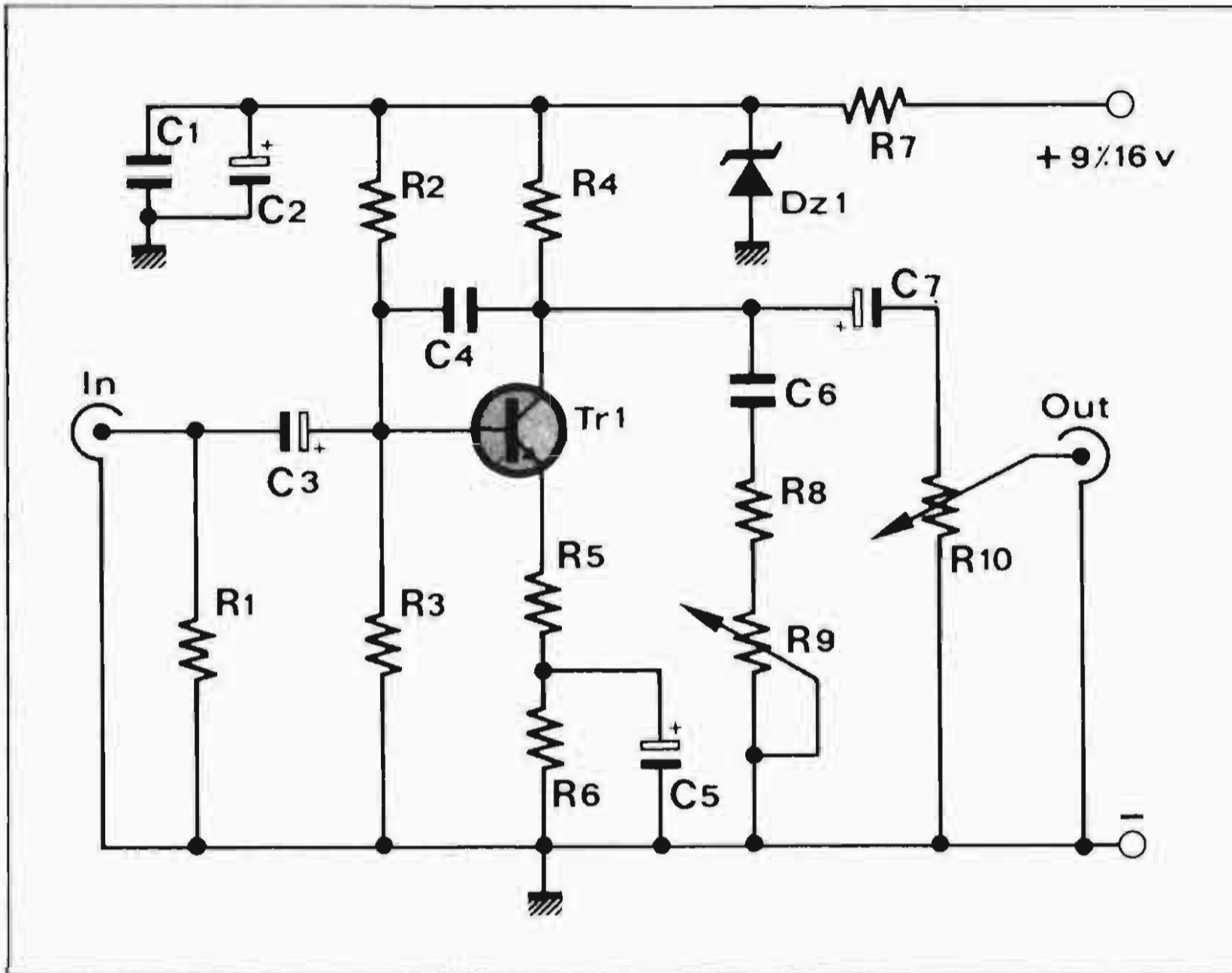
La potenza dell'altoparlante non ha alcuna importanza agli effetti del funzionamento del metronomo; naturalmente impiegando altoparlanti di diametro maggiore si ottiene una migliore riproduzione del « toc-toc-toc » del metronomo. Ai fini di un buon funzionamento dell'apparecchio, è importante che il condensatore C1 sia del tipo poliestere con un basso angolo di perdita.

È auspicabile che il metronomo venga racchiuso all'interno di un piccolo contenitore. A questo proposito, molto pratici e soprattutto molto economici si rivelano i contenitori plastici. All'interno di una di queste scatolette di dimensioni adeguate, potranno essere facilmente sistemati la basetta, l'altoparlante, il potenziometro e la pila di alimentazione da 9 V.

UN PREAMPLIFICATORE

Un transistore, due potenziometri, qualche resistenza, pochi condensatori, mezz'oretta di lavoro: questo è quanto serve per costruire il semplice preamplificatore microfonico descritto in queste pagine, un apparecchietto che potrà essere utilizzato per mille differenti scopi. Volete amplificare la vostra voce utilizzando la presa fono della vostra radio? Oppure volete amplificare il segnale microfonico del vostro baracchino? Realizzando questo apparecchietto potrete amplificare notevolmente il segnale di uscita di un qualsiasi microfono risolvendo con poca spesa tanti piccoli problemi di amplificazione.

Come dite? Possedete l'apparecchio radio con la presa fono ma non il microfono? Poco male. Potrete impiegare come microfono qualsiasi altoparlante magnetico di piccolo diametro del tipo di quelli utilizzati nelle radioline portatili. Il vostro apparecchio radio non possiede la presa fono? Certamente, però, avrete a disposizione un giradischi o un registratore alla cui unità di bassa frequenza collegare il preamplificatore. Il circuito può essere utilizzato unitamente a qualsiasi tipo di amplificatore di potenza. Il preamplificatore presenta una impedenza di ingresso medio-bassa e quindi per ottenere un perfetto adattamento di impedenza dovranno essere utilizzati dei microfoni magnetici i quali, generalmente, presentano una impedenza non superiore a 47 kOhm.

Utilizzando dei microfoni ad alta impedenza (Ipiezoelettrici) si otterrà una risposta poco fedele ed un abbassamento del guadagno dello stadio. Passiamo ora all'analisi del circuito.

Schema del preamplificatore.

COMPONENTI

R1	=	10 Kohm ½ W 10%	C4	=	100 pF ceramico
R2	=	150 Kohm ½ W 10%	C1	=	10.000 pF ceramico
R3	=	22 Kohm ½ W 10%	C2	=	100 µF 16 VL elettrolitico
R4	=	10 Kohm ½ W 10%	C3	=	10 µF 16 VL elettrolitico
R5	=	47 Ohm ½ W 10%	C5	=	1z0 µF 16 VL elettronico
R6	=	1,2 Kohm ½ W 10%	C6	=	10.000 pF ceramico
R7	=	1 Kohm ½ W 10%	C7	=	10 µF 16 VL elettrolitico
R8	=	1 Kohm ½ W 10%	TR1	=	BC 108 B
R9	=	47 Kohm pot.	DZ1	=	8,2 V ½ W
R10	=	47 Kohm pot.	AL	=	9-16 V

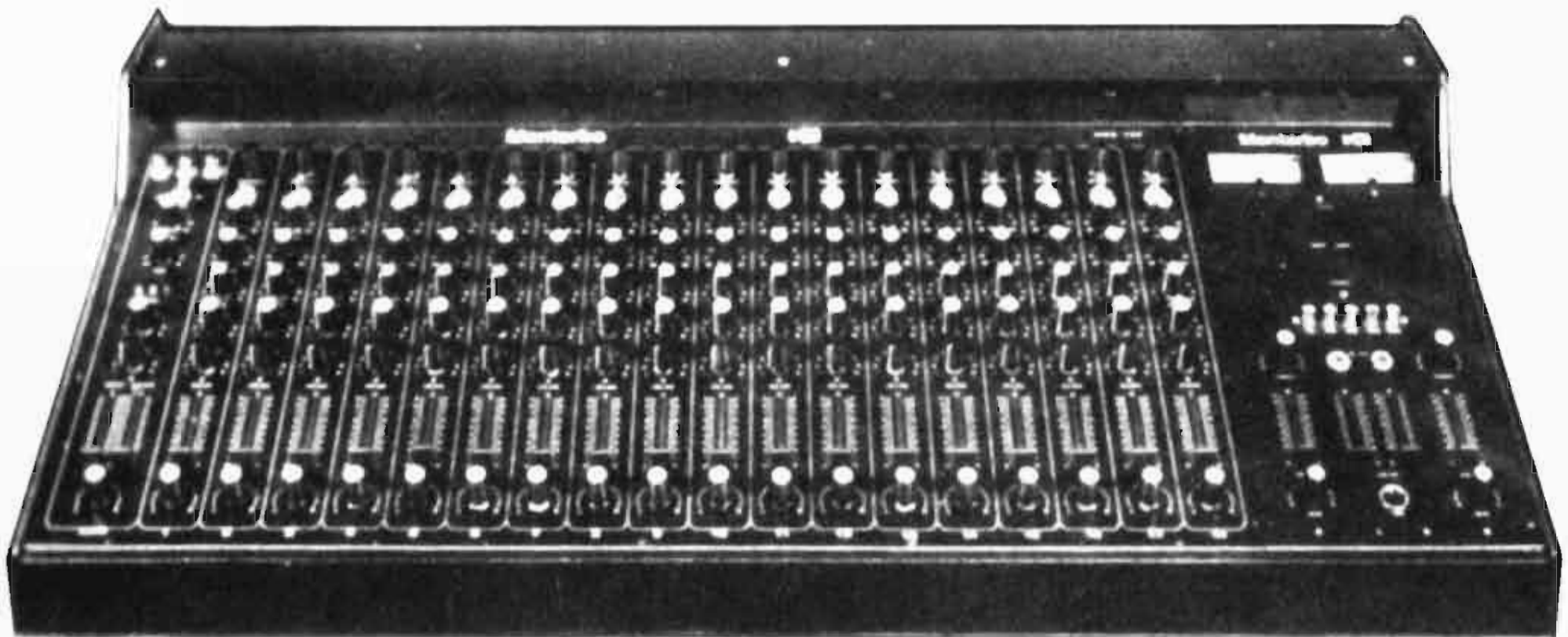
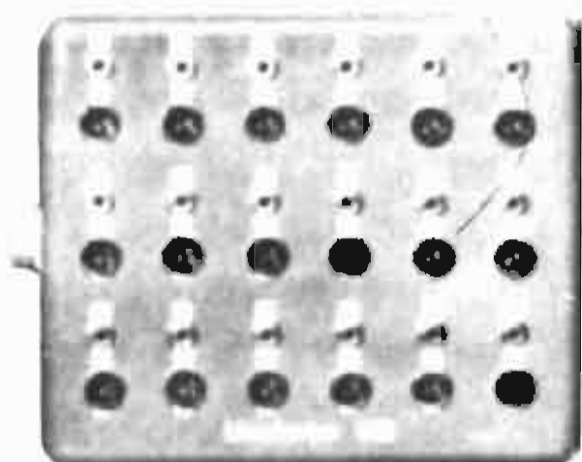
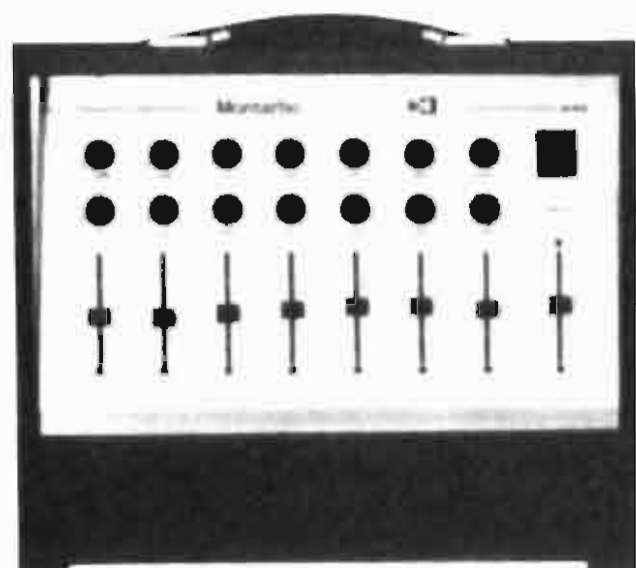
Il preamplificatore impiega un transistore al silicio NPN del tipo BC108B montato nella configurazione ad emettitore comune, configurazione che consente un elevato guadagno sia in tensione che in corrente. In questo modo, con il segnale di uscita di un comune microfono magnetico, cioè con un segnale audio di ampiezza compresa tra 1 e 2 mV, risulta possibile pilotare tutti quegli amplificatori di potenza la cui sensibilità sia uguale o inferiore a 60-80 mV.

Dato che la maggior parte delle unità di potenza presentano una sensibilità di ingresso di tale livello, possiamo affermare che questo preamplificatore è in grado di pilotare un gran numero di amplificatori di potenza. Completano il circuito elettrico del preamplificatore un limitato numero di componenti passivi ed un diodo zener da 8,2 volt. Vediamo ora più da vicino il funzionamento del preamplificatore.

Il segnale audio generato dal microfono o da qualsiasi altro trasduttore dalle caratteristiche simili giunge alla base di TR1 tramite il condensatore elettrolitico C3. Questo condensatore non consente il passaggio della componente continua mentre permette il fluire della componente alternata evitando così che ai capi del microfono venga applicata una tensione continua; inoltre il condensatore evita che la resistenza interna del microfono influisca sulla corretta polarizzazione del transistore. La resistenza R1 è impiegata per abbassare la resistenza complessiva di ingresso del preamplificatore e per fare in modo che il transistore « veda » un carico costante in ingresso anche quando il microfono non è collegato. Il partitore di base composto da R2 e R3 garantisce, unitamente a R4, R5 e R6, una corretta polarizzazione del transistore. La corrente di collettore, a prescindere dalla tensione con la quale viene alimentato il preamplificatore, ammonta a circa 0,3 mA. Per verificare la corretta polarizzazione del transistore è sufficiente misurare la tensione di collettore e quella di emettitore che ammontano rispettivamente a 5,5 ed a 0,4 volt circa.

Se la misura di queste tensioni viene effettuata con un tester da 20.000 Ohm/Volt i valori letti potranno discostarsi dai valori sopracitati per effetto della resistenza interna dello strumento.

Non allarmatevi quindi se al posto di 5,5 Volt il vostro tester indicherà 6 o 5 Volt. V'è inoltre da considerare che tali valori possono mutare leggermente anche per effetto del guadagno in corrente (beta) del transistore impiegato. Infatti, per quanto selezionati, i transistori presentano un guadagno in corrente tutt'altro che costante. Nel caso dei transistori da noi impiegati (i BC 108B) il guadagno può essere compreso tra 240 e 500. Il condensatore elet-

trolitico C5, collegato in parallelo alla resistenza di emettitore R6, limita la reazione negativa di emettitore assicurando così un elevato guadagno in tensione allo stadio. Le due resistenze di emettitore, d'altra parte, sono necessarie per ottenere una buona stabilità termica dello stadio.

Il condensatore ceramico C4 del valore di 100 pF, collegato tra collettore e base, riduce il guadagno alle alte frequenze evitando l'insorgere di oscillazioni parassite. Questo condensatore riporta all'ingresso dello stadio i segnali di frequenza elevata amplificati e sfasati di 180° presenti sul collettore del transistore. Ciò comporta una drastica riduzione del guadagno dello stadio alle alte frequenze. Dal collettore il segnale amplificato viene inviato tramite il condensatore elettronico C7 al potenziometro R10 mediante il quale è possibile regolare l'ampiezza del segnale inviato all'uscita. In pratica questo potenziometro costituisce il controllo di volume del preamplificatore. Tra il collettore del transistoree massa è inserito il circuito per il controllo del tono composto da C6, R8 e R9. Questo circuito consente di « tagliare » in misura più o meno marcata la parte alta della banda passante rendendo più cupo o più brillante il timbro. Per ottenere una distorsione molto bassa ed una buona insensibilità alle variazioni della tensione di alimentazione, quest'ultima viene filtrata e stabilizzata. I condensatori C1 e C2 provvedono appunto a rendere perfettamente continua la tensione di alimentazione del preamplificatore annullando eventuali tracce di ondulazione residua (ripple). Lo zener da 8,2 Volt 0,5 W provvede invece, unitamente alla resistenza « zavorra » R7, a rendere per-

Apparecchi Montarbo per effetti speciali e collegamenti fra gli apparati.

fettamente stabile la tensione di alimentazione. In altre parole la tensione con cui viene alimentato il transistore risulta sempre di 8,2 Volt quale che sia la tensione di alimentazione del preamplificatore. La tensione di alimentazione dell'apparecchio può essere compresa entro una gamma molto ampia e precisamente tra 9 e 16 Volt.

L'assorbimento risulta compreso, a seconda della tensione di alimentazione, tra 0,8 e 8 mA. Con questo accorgimento, con l'impiego cioè di un circuito stabilizzatore, il guadagno del preamplificatore non dipende, neppure in piccola misura, dalla tensione di alimentazione.

Prima di iniziare il montaggio del preamplificatore occorre acquistare tutti i componenti necessari a realizzare il circuito stampato sul quale tali componenti, con l'esclusione dei due potenziometri, verranno inseriti e saldati. Il montaggio dei tre condensatori ceramici non presenta particolari degni di nota. L'identificazione del valore di questi componenti potrebbe invece dare luogo a qualche perplessità specialmente tra i lettori meno esperti. Non esiste infatti un codice unificato valido per tutti i costruttori come nel caso delle resistenze.

Da alcuni anni tuttavia, specie da parte dei costruttori giapponesi, il valore dei condensatori ceramici viene indicato semplicemente con tre numeri: i primi due rappresentano le prime due cifre del valore della capacità, l'ultimo, il numero degli zeri da aggiungere alle prime due cifre. Per meglio comprendere questo codice, facciamo alcuni esempi: 152 significa 15 più due zeri ovvero 1.500

pF, 103 significa 10 più tre zeri ovvero 10.000 pF, 472 significa 47 più due zeri ovvero 4.700 pF e così via.

Per ultimi dovranno esser collegati i due potenziometri che, come già accennato, non sono montati sulla basetta ma semplicemente collegati a questa con degli spezzoni di cavetto schermato.
A questo punto, dopo aver controllato ancora una volta il cablaggio, non rimane che dare tensione al circuito ed iniziare il collaudo.

Innanzitutto, con un comune tester, dovranno essere misurate le tensioni continue più significative cioè la tensione a valle dello zener, la tensione di collettore e quella di emettitore.

Tali tensioni dovranno ammontare rispettivamente a 8,2, 5,5 e 0,4 Volt: differenze dell'ordine del 10-20% non sono per nulla allarmanti. Si procederà quindi, in mancanza di strumentazione adeguata, ad una prova « ad orecchio » collegando un microfono magnetico all'ingresso del preamplificatore e l'uscita di quest'ultimo all'ingresso di uno stadio di potenza.

SUPERACUTI

L'amplificatore per superacuti non è che un particolare distorsore per mezzo del quale vengono eliminati i suoni gravi mentre, quelli acuti e acutissimi vengono esaltati. Questo apparecchio pur avendo fatto la sua comparsa da poco, ha ottenuto un immediato successo presso complessi e chitarristi. L'amplificatore per superacuti oltre ad esaltare le frequenze alte, provvede anche ad una loro distorsione. A differenza di altri dispositivi elettronici, l'amplificatore per superacuti richiede, durante il suo impiego, particolari attenzioni in quanto, per effetto della elevata amplificazione che subiscono le note acute, è molto probabile che si verifichi il cosiddetto effetto Larsen il quale, come noto, si manifesta specialmente alle frequenze più elevate.

L'effetto Larsen si manifesta quando il microfono o il pick-up di una catena di amplificazione captano in notevole misura il suono irradiato dagli altoparlanti; si verifica cioè una vera e propria reazione di cui l'aria attraverso la quale si diffonde il suono rappresenta il circuito di reazione. Il fenomeno è analogo a quello che si verifica in un amplificatore di bassa frequenza reazionato positivamente. È opportuno quindi studiare attentamente la disposizione degli altoparlanti e dei microfoni; inoltre, contemporaneamente all'inserzione dell'amplificatore per superacuti è opportuno ridurre il livello sonoro degli amplificatori cosa che del resto non sempre è possibile effettuare specialmente se la potenza di uscita richiesta deve essere — come nel caso delle manifestazioni all'aperto

subiscono una prima selezione ad opera del condensatore C1 il quale forma, insieme alla resistenza d'ingresso del transistore, un primo filtro passa-alto che impedisce il passaggio dei segnali con frequenza inferiore a 1000 Hz.

Per giungere al secondo stadio, il segnale amplificato presente sul collettore di TR1 deve passare attraverso un doppio filtro RC. Questo filtro è il « cuore » di tutto il circuito. I valori della resistenza e dei condensatori del filtro sono stati calcolati in modo da impedire il passaggio dei segnali con frequenza inferiore a 3000 Hz, segnali che vengono cortocircuitati a massa. In questo modo, all'ingresso del secondo stadio di amplificazione giungono esclusivamente i segnali a frequenza elevata. Questo stadio è abbastanza simile al primo; anch'esso infatti impiega lo stesso transistore montato nella medesima configurazione circuitale. Variano di poco solamente il punto di lavoro (e di conseguenza i valori delle resistenze di polarizzazione) e il valore della resistenza di uscita dello stadio.

Esso è in grado di amplificare anche segnali a frequenza molto bassa ma, come abbiamo visto, ciò non può avvenire in quanto il filtro RC di accoppiamento impedisce ai segnali di frequenza inferiore a 3 kHz di giungere all'ingresso di questo stadio il quale, similmente al primo, ha un elevato guadagno ottenuto per mezzo della eliminazione della reazione di emettitore da parte di C5.

Questa altissima amplificazione porta anche, come abbiamo già accennato nella introduzione, ad una distorsione del segnale che, come viene detto in gergo, risulta « tagliato ». Volendo eliminare questa distorsione si può operare in due modi diversi. Il primo consiste semplicemente nella eliminazione dei due condensatori di emettitore C2 e C5; il secondo nella sostituzione delle due resistenze di emettitore R4 e R9 con due trimmer di pari valore i cui cursori andranno collegati all'elettrodo positivo dei condensatori elettrolitici C2 e C5. In questo modo, ruotando i cursori del trimmer, si ottengono gradi diversi di amplificazione e di conseguenza distorsioni più o meno accentuate in quanto, come si diceva prima, al di sopra di una certa amplificazione il segnale viene distorto. L'amplificatore di potenza al cui ingresso andrà inviato il segnale di uscita dell'amplificatore per superacuti dovrà essere dotato di comando di volume, in quanto, il segnale amplificato ha una ampiezza elevata, ampiezza che potrebbe saturare l'ingresso dell'amplificatore di potenza.

La costruzione di questo dispositivo è estremamente semplice in quanto tutti i componenti vengono montati su di una basetta stampata delle dimensioni da 40 x 70 mm. I componenti sono tutti

di facile reperibilità e di costo estremamente limitato. I transistori impiegati, i moderni BC 108 al silicio, non sono affatto critici; qualsiasi transistore NPN di bassa potenza al silicio può essere utilmente impiegato senza che si verifichi alcuna anomalia.

Si inizierà ad inserire ed a saldare le resistenze le quali dovranno essere del tipo a strato onde ridurre il rumore di fondo prodotto dall'apparecchio. Successivamente andranno saldati i condensatori ceramici e quelli elettrolitici i quali, come sappiamo, sono elementi polarizzati.

I transistori sono stati montati per mezzo degli appositi zoccoli ad elevata affidabilità di contatto. Nel caso non si ritenesse opportuno impiegare tali zoccoli, è consigliabile mantenere i terminali dei transistori abbastanza lunghi ed effettuare le operazioni di saldatura nel più breve tempo possibile per evitare di danneggiare le microscopiche saldature interne di tali componenti. La tensione di alimentazione non è affatto critica: potranno essere impiegate indifferentemente pile da 9 o da 6 volt; anche con una tensione di alimentazione di 12 volt il circuito funziona perfettamente. Le correnti che percorrono i transistori sono molto basse e di conseguenza questi componenti non necessitano di alcun radiatore supplementare. Il collaudo dell'apparecchio è estremamente semplice. Dopo aver dato tensione (attenzione alle polarità!), si collega l'uscita del pick-up per esempio di una chitarra all'ingresso del-

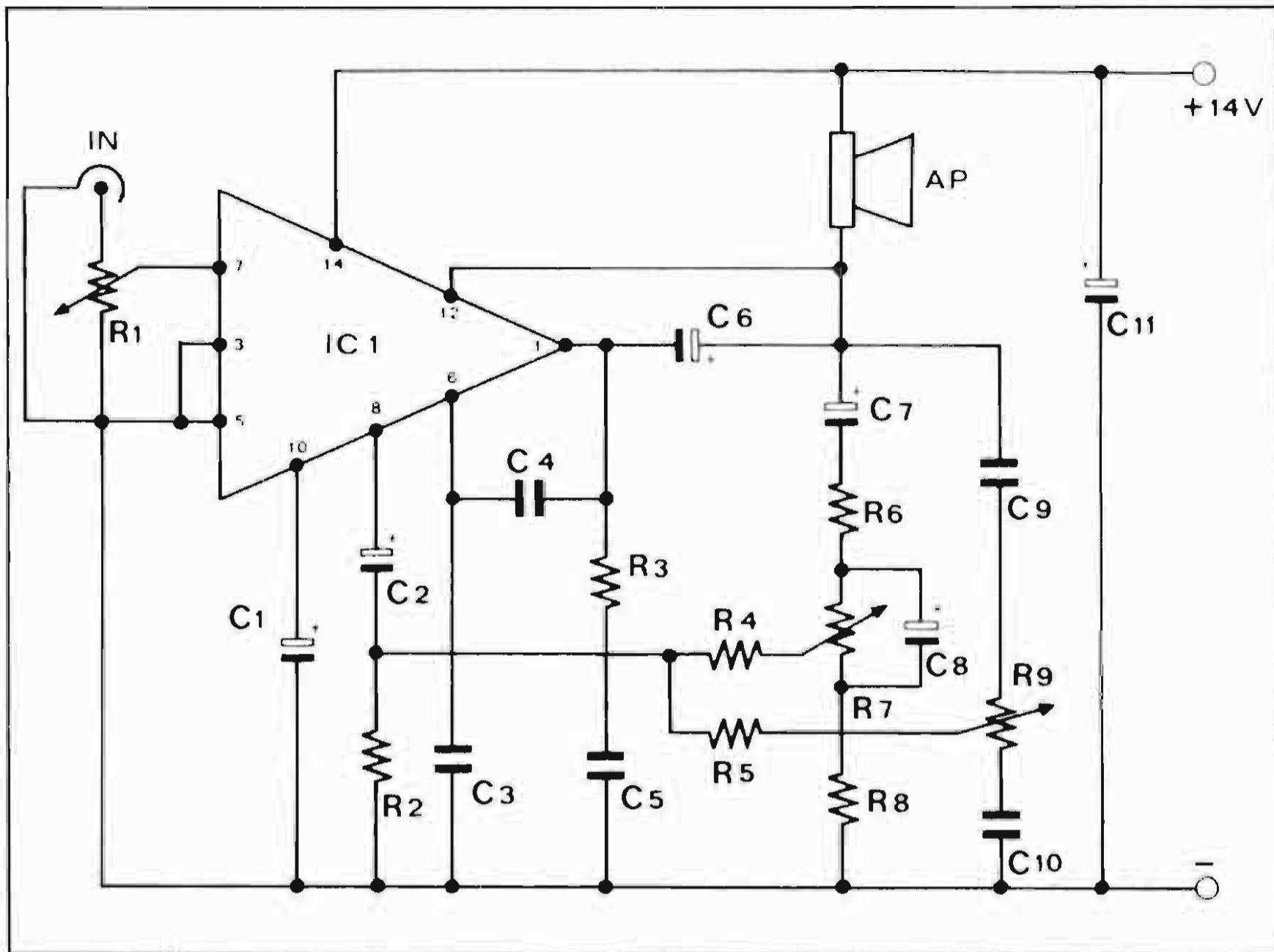
l'amplificatore per superacuti mentre l'uscita di quest'ultimo deve essere collegata all'ingresso dell'amplificatore di potenza.

È opportuno effettuare tali collegamenti con cavetto schermato in modo da ridurre il pericolo di inneschi e di autoscillazioni. A questo punto, si pizzicherà il MI basso o il LA; all'uscita dell'amplificatore di potenza non si dovrà udire nulla o quasi nulla. Eseguendo invece un accordo alto, si dovrà sentire in uscita il segnale fortemente amplificato e distorto.

L'AMPLIFICATORE

L'amplificatore di bassa frequenza che ci accingiamo a descrivere, ha come principali caratteristiche la semplicità costruttiva e la sicurezza di funzionamento che, insieme alla discreta potenza di uscita, ne fanno un amplificatore particolarmente versatile, adatto a molti usi. Tutto ciò è stato ottenuto unicamente mediante l'impiego di un circuito integrato monolitico realizzato dalla SGS e denominato TBA 641 B; questo dispositivo racchiude in sé tutti gli elementi attivi dell'amplificatore (ben 17 transistori). Attualmente, i circuiti integrati allo stato solido, cioè quei particolari dispositivi dove elementi attivi (transistori) ed elementi passivi (resistori) vengono formati all'interno dello stesso pezzetto di semiconduttore, stanno rapidamente prendendo il posto di interi circuiti realizzati con elementi discreti.

Nel nostro apparecchio, l'impiego di un circuito integrato permette una notevole riduzione delle dimensioni dell'amplificatore nonché una maggiore semplicità e speditezza nelle operazioni di montaggio e di cablaggio.

La potenza massima di uscita dell'amplificatore che è di 4,5 watt efficaci, deve ritenersi più che sufficiente per impieghi in ambienti domestici; qualora si intendesse realizzare l'amplificatore in versione stereofonica, la potenza massima risulterebbe, per locali di medie dimensioni, addirittura esuberante. L'amplificatore, oltre al consueto controllo di volume, dispone di controlli di tono separati che si rendono particolarmente utili nella riproduzione di brani musicali particolari.

Schema elettrico dell'amplificatore.

COMPONENTI

R1 = 1 Mohm potenz. log.
R2 = 100 Ohm
R3 = 1 Ohm
R4 = 560 Ohm
R5 = 47 Ohm
R6 = 100 Ohm
R7 = 1 Kohm pot. lineare
R8 = 10 Ohm
R9 = 1 Kohm pot. lineare
Tutte le resistenze sono da ½ W
C1 = 100 microF 12 V elettrolitico
C2 = 100 microF 12 V elettrolitico
C3 = 1000 pF ceramico
C4 = 270 pF ceramico
C5 = 100.000 pF ceramico
C6 = 1000 microF 12 V elettrolitico
C7 = 100 microF 12 V elettrolitico
C8 = 5 microF 12 V elettrolitico
C9 = 33.000 pF poliestere
C10 = 1 microF poliestere
C11 = 500 microF 16 V
IC1 = TBA 641 B SGS
VAL = 16 V
AP = 4-8 Ohm
L'altoparlante deve essere in grado di dissipare tutta la potenza generata.

Come già accennato, il « cuore » del nostro amplificatore è il circuito integrato TBA 641 B prodotto dalla SGS. Il TBA 641 B è un circuito integrato particolarmente adatto come amplificatore audio per radioricevitori, giradischi e televisori; esso è facilmente reperibile in tutti i negozi che trattano articoli elettronici. Nel suo interno trova posto un circuito amplificatore completo composto da preamplificatore, pilota e stadio finale in classe AB in grado di erogare una potenza d'uscita massima di 4,5 watt con una tensione di alimentazione di 14 volt.

Esso è composto da ben 17 transistori e 11 resistori. Per funzionare correttamente l'integrato necessita di pochi componenti esterni quasi tutti condensatori in quanto questi (specialmente quelli di capacità elevata), a differenza dei semiconduttori e delle resistenze, non possono venire integrati. Come si nota nello schema elettrico dell'amplificatore la tensione di alimentazione nominale è di 14 volt; con questa tensione e con una resistenza di carico di 4 Ohm si ottiene infatti la massima potenza.

Alimentando l'amplificatore con una tensione minore o aumentando l'impedenza di carico (cioè la impedenza dell'altoparlante), la potenza massima diminuisce sensibilmente. Il segnale da amplificare viene applicato all'ingresso dell'integrato (piedino 7) tramite il potenziometro di volume a variazione logaritmica da 1 MOhm. Il segnale subisce una prima amplificazione ad opera di Q1 e Q2. Il primo di questi due transistori è collegato nella configurazione circuitale a collettore comune e presenta quindi una elevata impedenza di ingresso (circa 3 MOhm). I transistori Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7 formano il cosiddetto circuito di auto-bilanciamento che provvede a mantenere la tensione continua presente all'uscita dello stadio amplificatore di potenza ad un livello che è la metà esatta della tensione di alimentazione. In questo modo infatti la potenza d'uscita indistorta è massima. Il segnale viene ulteriormente amplificato dal transistore Q8 e quindi applicato all'ingresso dello stadio di potenza. Questo è composto da due transistori di potenza NPN (Q16 e Q17), due transistori complementari (Q9 e Q15) e altri cinque transistori (Q10, Q11, Q12, Q13, Q14) che hanno la funzione di ridurre la distorsione di intermodulazione.

Il segnale amplificato presente sull'uscita dell'integrato (piedino 1) viene applicato tramite il condensatore elettrolitico C6 da 1.000 microF all'altoparlante da 4 Ohm. Dal valore della capacità di C6 dipende la frequenza di taglio inferiore dell'amplificatore: più elevata è la capacità di questo componente migliore è la risposta alle frequenze basse. La regolazione dei toni presente in questo

amplificatore è di tipo attivo, non agisce cioè sul segnale di ingresso attenuando più o meno determinate frequenze ma, bensì, controllando il guadagno dell'amplificatore alle varie frequenze. Una rete di questo tipo è decisamente superiore ad una rete di tipo passivo in quanto, oltre a consentire una migliore regolazione specie per quanto riguarda l'esaltazione dei toni, non influisce sull'impedenza di ingresso dell'amplificatore. La rete composta da R4, R6, R7, R8, C7 e C8 agisce sulle frequenze basse mentre la rete formata da R5, R9, C9 e C10 agisce sulle frequenze alte.

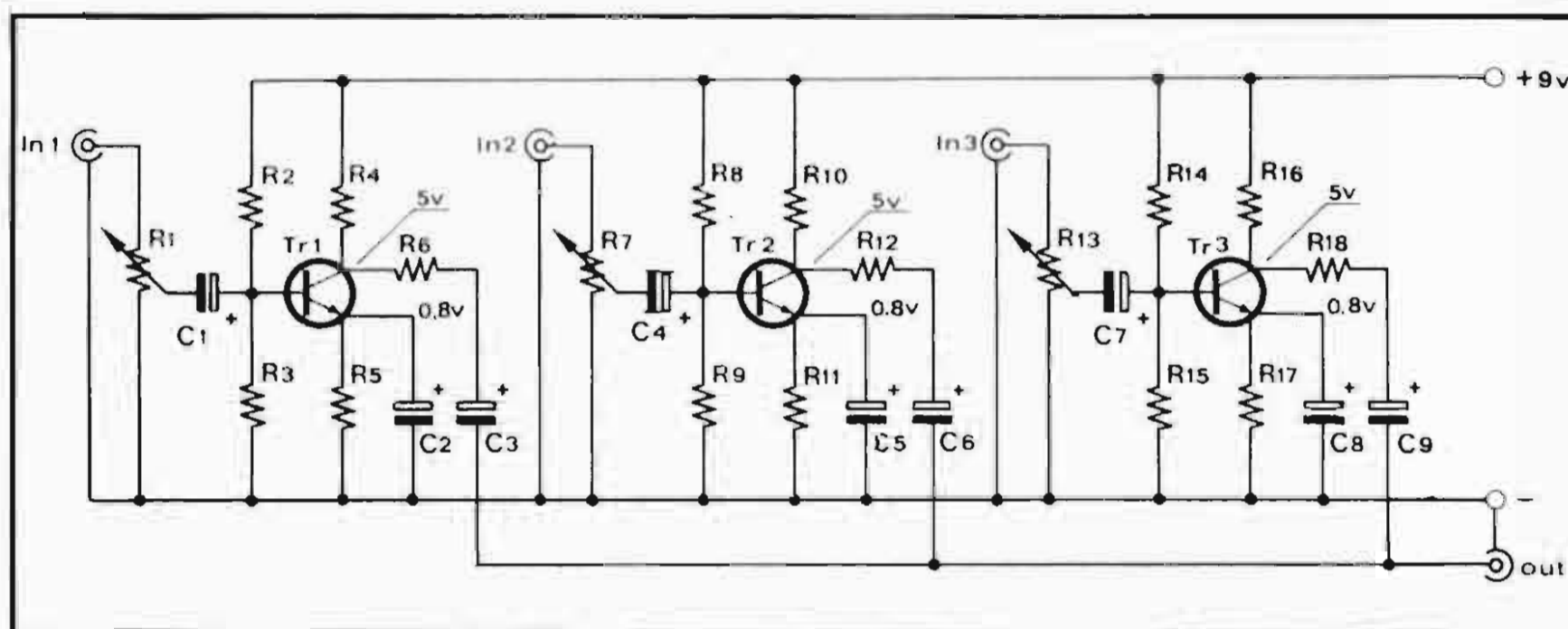
La banda passante dell'amplificatore (cioè quelle frequenze che l'amplificatore riesce ad amplificare) dipende dai valori di C2 e C6 per quanto riguarda la frequenza di taglio inferiore e da C3 e C4 per quanto riguarda la frequenza di taglio superiore. Con i valori riportati nello schema la banda passante è compresa tra 50 e 15 KHz. Considerando che l'orecchio umano percepisce tutti i suoni di frequenza compresa tra 16 e 16.000 Hz, il nostro amplificatore può essere impiegato anche in tutti quei casi ove è richiesta una banda passante sufficientemente ampia come, ad esempio, nel caso di riproduzione di brani musicali.

La distorsione è funzione della potenza di uscita dell'amplificatore; alla massima potenza ammonta al 3% mentre al disotto dei 3 watt essa è inferiore all'uno per cento.

MIXER TRE CANALI

Il miscelatore preamplificato è un apparecchio doppiamente utile. Innanzi tutto esso permette di inviare ad un unico amplificatore di potenza più segnali di bassa frequenza provenienti da sorgenti differenti. È così possibile, ad esempio, effettuare il commento di un filmato sonoro con un sottofondo musicale oppure inviare ad un unico amplificatore di B.F. le uscite di tre chitarre elettriche dosando accuratamente il livello dei singoli segnali. È altresì possibile utilizzare il miscelatore preamplificato per ottenere quei particolari effetti sonori (evanescenze, sovrapposizioni ecc.) che sempre più frequentemente vengono impiegate nelle incisioni discografiche e nelle trasmissioni radiofoniche e televisive.

In secondo luogo, questo dispositivo amplifica notevolmente il livello dei segnali di ingresso che diversamente non potrebbero essere inviati direttamente all'ingresso dell'amplificatore di potenza. È noto infatti che la maggior parte dei trasduttori acustici (microfoni, pick-up, testine magnetiche ecc.) presentano dei segnali di uscita di livello insufficiente a pilotare una qualsiasi unità di potenza. A riprova di ciò basta sfogliare le caratteristiche tecniche dei trasduttori e degli amplificatori di potenza per B.F.: i microfoni, i pick-up magnetici e gli altri trasduttori di questo tipo forniscono un segnale di uscita compreso fra 1 mV e 10 mV; abbastanza superiori ma non certo sufficienti per pilotare una unità di potenza, sono i livelli di uscita dei pick-up e dei microfoni piezoelettrici.

Le unità di potenza, infatti, richiedono, per fornire la massima potenza, dei segnali di ingresso di ampiezza compresa fra 100 e

Schema generale del mixer.

500 mV. D'altra parte quasi tutti abbiamo prima o poi tentato — con scarsi risultati — di pilotare con un microfono l'ingresso « fono » di una radio o di un giradischi.

Il miscelatore preamplificato che vi proponiamo dispone di tre ingressi e può essere impiegato con la maggior parte dei trasduttori a bassa e media impedenza. I tre segnali il cui livello può essere regolato separatamente, prima di essere miscelati vengono amplificati da tre identici stadi ad alto guadagno e a basso rumore. Quest'ultima caratteristica è molto importante quando i segnali da amplificare hanno un livello molto basso come avviene appunto in un preamplificatore.

L'apparecchio impiega pochi componenti facilmente reperibili e non è per nulla critico. In poco tempo qualsiasi persona può realizzare con successo questo apparecchio. Passiamo ora all'analisi del circuito.

Il miscelatore può essere impiegato per amplificare un massimo di tre diversi segnali il livello di ognuno dei quali è regolabile separatamente. Il circuito infatti è formato da tre stadi identici ognuno dei quali provvede all'amplificazione di un segnale. Essendo i tre stadi perfettamente simili, in seguito ci soffermeremo su uno solo di tali stadi, precisamente sul primo. Ovviamente tutte le osservazioni che faremo a proposito di questo stadio sono valide anche per gli altri due.

Il segnale di ingresso viene applicato tra un estremo del potenziometro a variazione logaritmica R1 e la massa. La resistenza di ingresso dello stadio è di circa 10 kOhm; questo valore rende possibile l'accoppiamento con le più diverse sorgenti sonore. Per

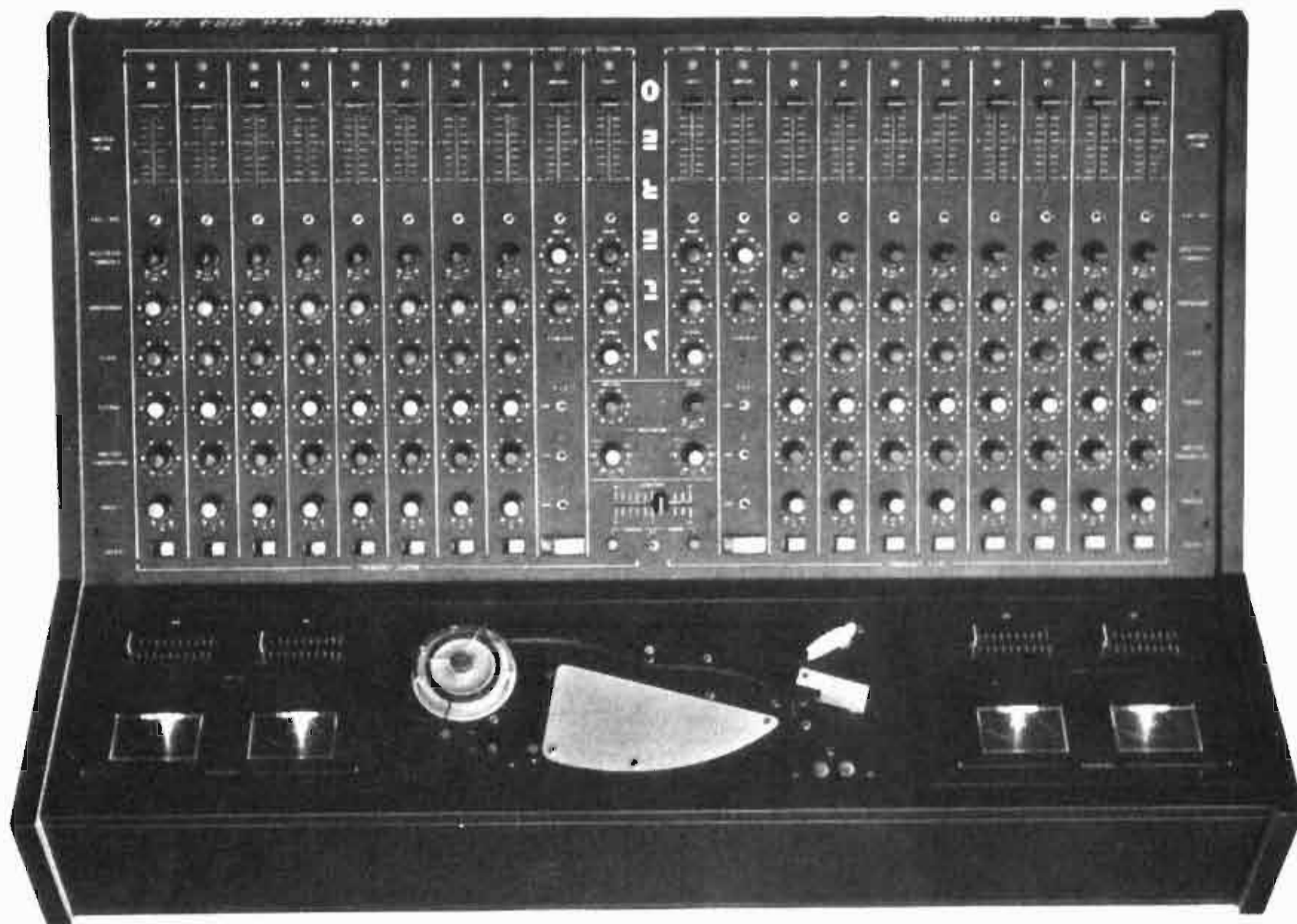
COMPONENTI

R1	= 10 Kohm 1/2 W pot. logaritmico	R16	= 3,3 Kohm 1/2 W
R2	= 150 Kohm 1/2 W	R17	= 560 Ohm 1/2 W
R3	= 47 Kohm 1/2 W	R18	= 3,3 Kohm 1/2 W
R4	= 3,3 Kohm 1/2 W	C1	= 10 μF 12 V
R5	= 560 Ohm 1/2 W	C2	= 100 μF 6 V
R6	= 3,3 Kohm 1/2 W	C3	= 50 μF 12 V
R7	= 10 Kohm 1/2 W pot. logaritmico	C4	= 10 μF 12 V
R8	= 150 Kohm 1/2 W	C5	= 100 μF 6 V
R9	= 47 Kohm 1/2 W	C6	= 50 μF 12 V
R10	= 3,3 Kohm 1/2 W	C7	= 10 μF 12 V
R11	= 560 Ohm 1/2 W	C8	= 100 μF 6 V
R12	= 3,3 Kohm 1/2 W	C9	= 50 μF 12 V
R13	= 10 Kohm 1/2 W pot. logaritmico	TR1	= BC 109 B
R14	= 150 Kohm 1/2 W	TR2	= BC 109 B
R15	= 47 Kohm 1/2 W	TR3	= BC 109 B

mezzo del potenziometro è possibile regolare l'ampiezza del segnale inviato alla base dell'unico transistore impiegato nello stadio. L'ampiezza massima del segnale applicabile in base è di 300 mVpp; ovviamente ai capi del potenziometro potrà essere applicato un segnale di ampiezza maggiore purché il potenziometro venga regolato in modo tale da non far giungere alla base del transistore un segnale di ampiezza superiore al valore appena menzionato. Il segnale giunge alla base del transistore attraverso il condensatore elettrolitico C1 da 10 μF il quale permette il passaggio della componente alternata ma non di quella continua che, se giungesse in base, influirebbe notevolmente sulla polarizzazione del semiconduttore.

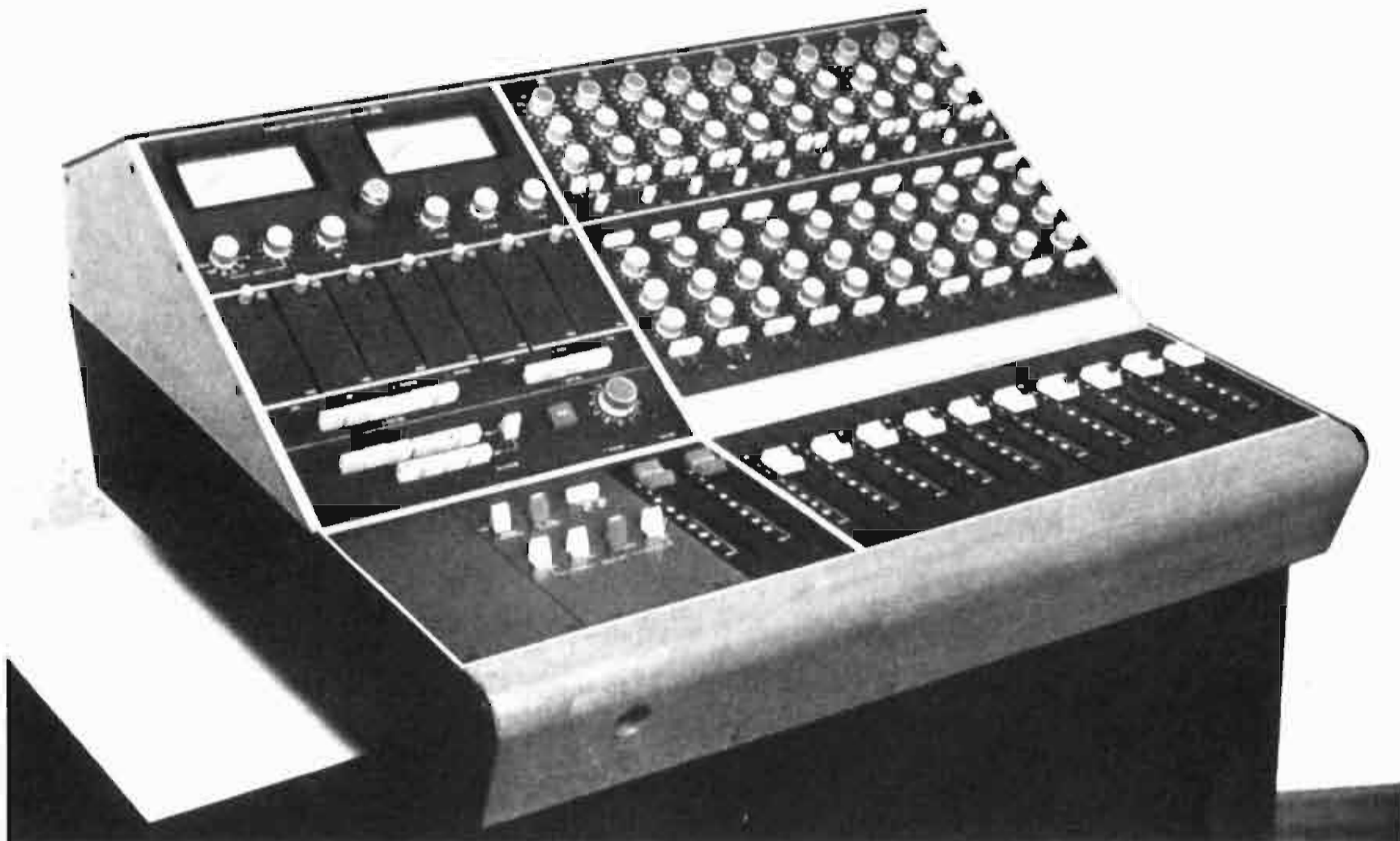
Quest'ultimo è un economico BC 109 B, facilmente reperibile, montato nella configurazione ad emettitore comune. Per migliorare ulteriormente le caratteristiche del miscelatore si potrà impiegare, in sostituzione del BC 109 B, un transistore del tipo BC 149 B, transistore perfettamente identico al primo salvo che per la cifra di rumore che è leggermente inferiore. La configurazione circuitale ad emettitore comune consente un elevato guadagno sia in tensione che in corrente. Le resistenze R2, R3 e R4 determinano il punto di lavoro del transistore e permettono di ottenere una buona stabilizzazione termica. I principali parametri statici di questo stadio sono:

corrente di collettore: 1,2 mA;
tensione collettore emettitore: 4,2 volt;
tensione collettore-massa: 5 volt.

Durante le prove tuttavia, abbiamo riscontrato che non tutti gli

stadi presentavano i medesimi parametri operativi pur impiegando componenti dello stesso valore. Questo inconveniente è provocato dalla differenza del coefficiente di amplificazione che esiste tra transistori dello stesso tipo; in particolare, il tipo di transistori da noi impiegato può presentare un coefficiente di amplificazione in corrente (beta) compreso tra 240 e 900.

È logico quindi che due transistori con coefficiente di amplificazione differenti diano luogo, con la stessa rete di polarizzazione, a correnti e tensioni differenti. Questo inconveniente può essere evitato impiegando transistori selezionati; gli stessi risultati possono essere ottenuti modificando, a seconda del beta del transistore impiegato, il valore della resistenza R2. Se la tensione collettore-emettitore dovesse risultare troppo alta, basterà diminuire il valore di questo componente, in caso contrario aumentarlo.

La resistenza di emettitore R5 è shuntata da un condensatore elettrolitico in modo da ottenere un guadagno in tensione molto elevato. Tale guadagno è di circa 20 volte, ciò significa che il segnale viene amplificato venti volte, che per esempio, se in base viene applicato un segnale sinusoidale di 10 mV, sul collettore possiamo prelevare un segnale di 200 mV.

I tre potenziometri impiegati per la regolazione del volume dei singoli stadi dovranno essere del tipo a variazione logaritmica. Generalmente, i costruttori di tali componenti non indicano per esteso

sulla carcassa il tipo di variazione ma bensì, a fianco dell'indicazione del valore resistivo del potenziometro, inseriscono una lettera: « A » per potenziometri a variazione lineare, « B » per potenziometri a variazione logaritmica. La potenza massima dissipabile da tali componenti ammonta a mezzo watt. Naturalmente potranno essere impiegati anche potenziometri di potenza superiore. Anche le resistenze impiegate sono tutte da mezzo watt; tali resistenze debbono essere del tipo a strato per ridurre l'ampiezza del rumore di fondo. Le resistenze a strato infatti, quando vengono percorse da corrente continua generano un segnale parassita di ampiezza di gran lunga inferiore di quello prodotto dalle resistenze ad impasto le quali, d'altra parte, sono molto indicate per circuiti di alta frequenza in quanto non sono per nulla induttive. Alcuni condensatori elettrolitici sono del tipo a montaggio verticale in modo da rendere possibile una riduzione delle dimensioni della basetta. I tre transistori sono dei comuni e poco costosi BC 109 B i quali presentano un coefficiente di amplificazione molto elevato pur generando un rumore molto ridotto.

Sullo schema elettrico sono state indicate le esatte tensioni tra collettore e massa e tra emettitore e massa. Queste tensioni debbono essere rispettivamente di 5 e di 0,8 volt; una leggera discordanza (10-20% in più o in meno) è perfettamente tollerabile. Nel caso invece che le tensioni (misurabili con un comune tester) fossero notevolmente diverse, bisogna sostituire il transistore op-

pure variare il valore delle resistenze R2, R8 e R14. Se la tensione di collettore è troppo elevata, significa che la corrente collettore-emettitore (e quindi anche la corrente di base) è troppo bassa; occorre quindi elevare il valore della corrente di base sostituendo le resistenze citate il cui valore nominale è di 150 kOhm con resistenze di valore inferiore (120 o 100 kOhm).

Nel caso opposto, significa che la corrente di collettore è eccessiva e bisogna quindi aumentare il valore delle resistenze di polarizzazione sino a quando la tensione non raggiunge il livello esatto. Queste operazioni che andranno effettuate separatamente sui tre stadi si rendono necessarie in quanto, come già detto, il coefficiente di amplificazione in corrente varia notevolmente tra transistore e transistore.

Coloro che dispongono di un generatore di bassa frequenza e di un oscilloscopio potranno verificare dinamicamente il comportamento del miscelatore e cotrollare i principali parametri operativi (amplificazione, banda passante, distorsione ecc.).

LA BATTERIA

Un apparecchio come questo sostituisce tranquillamente un batterista ed il suo strumento, ed anche, eventualmente, il direttore d'orchestra. Sempreché, naturalmente, si preferisca l'armonia elettronica all'arte umana.

Si tratta del generatore di ritmi Amtroncraft UK 262 che scandisce il tempo di cinque ritmi ballabili tra i più comuni, fornendo inoltre il sottofondo di una completa batteria.

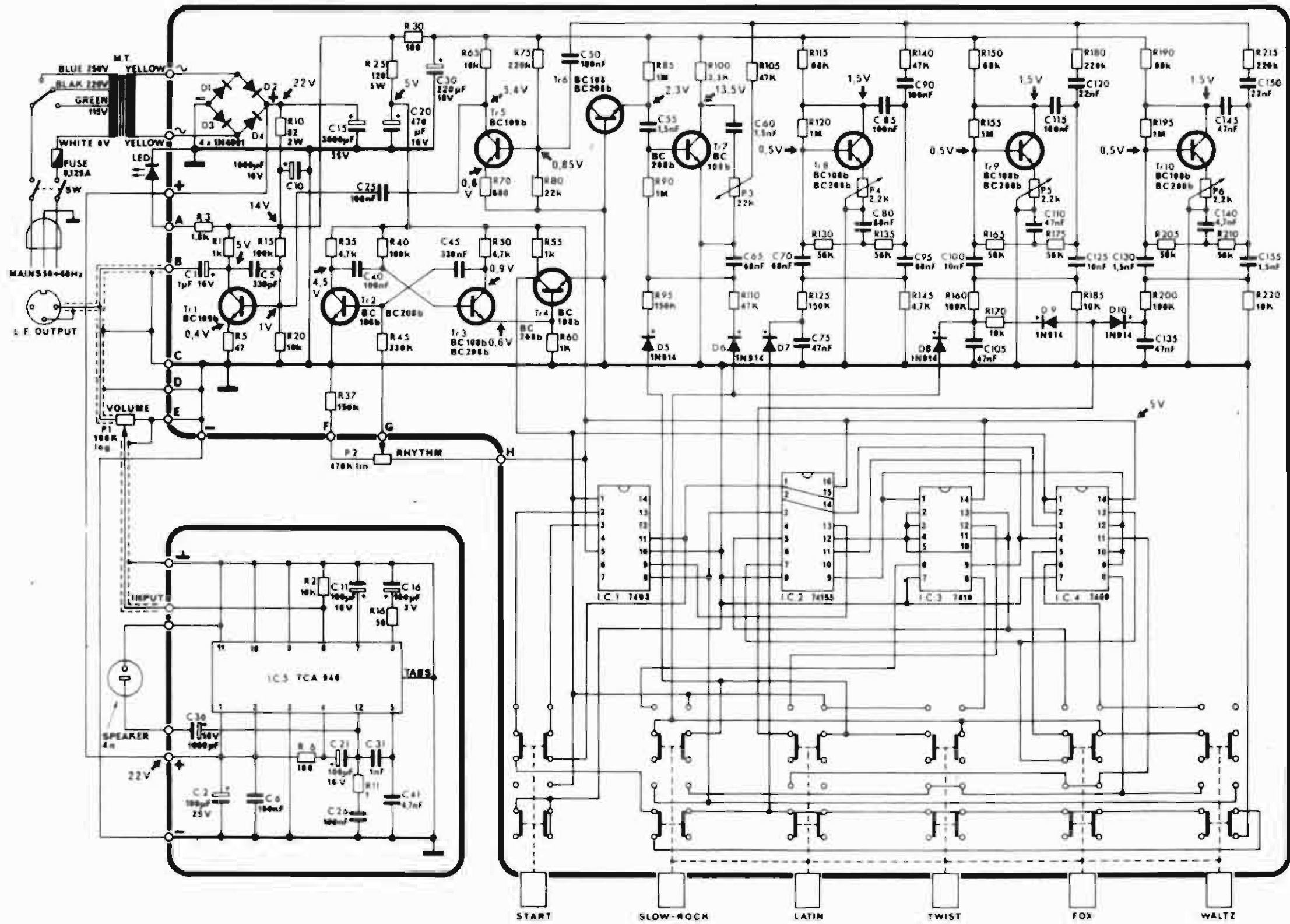
I ritmi generati sono: il valzer, il fox, il twist, la rumba, ed il rock. Più che sufficienti per accompagnare uno o più buoni suonatori di strumenti a fiato od a corda, sia durante una festa danzante, che durante lo studio oppure in altre occasioni.

Siccome però non tutti i ritmi sono ugualmente veloci, è stato previsto un regolatore continuo della cadenza. Questo sia per adattarsi ai vari motivi che al gusto dell'esecutore.

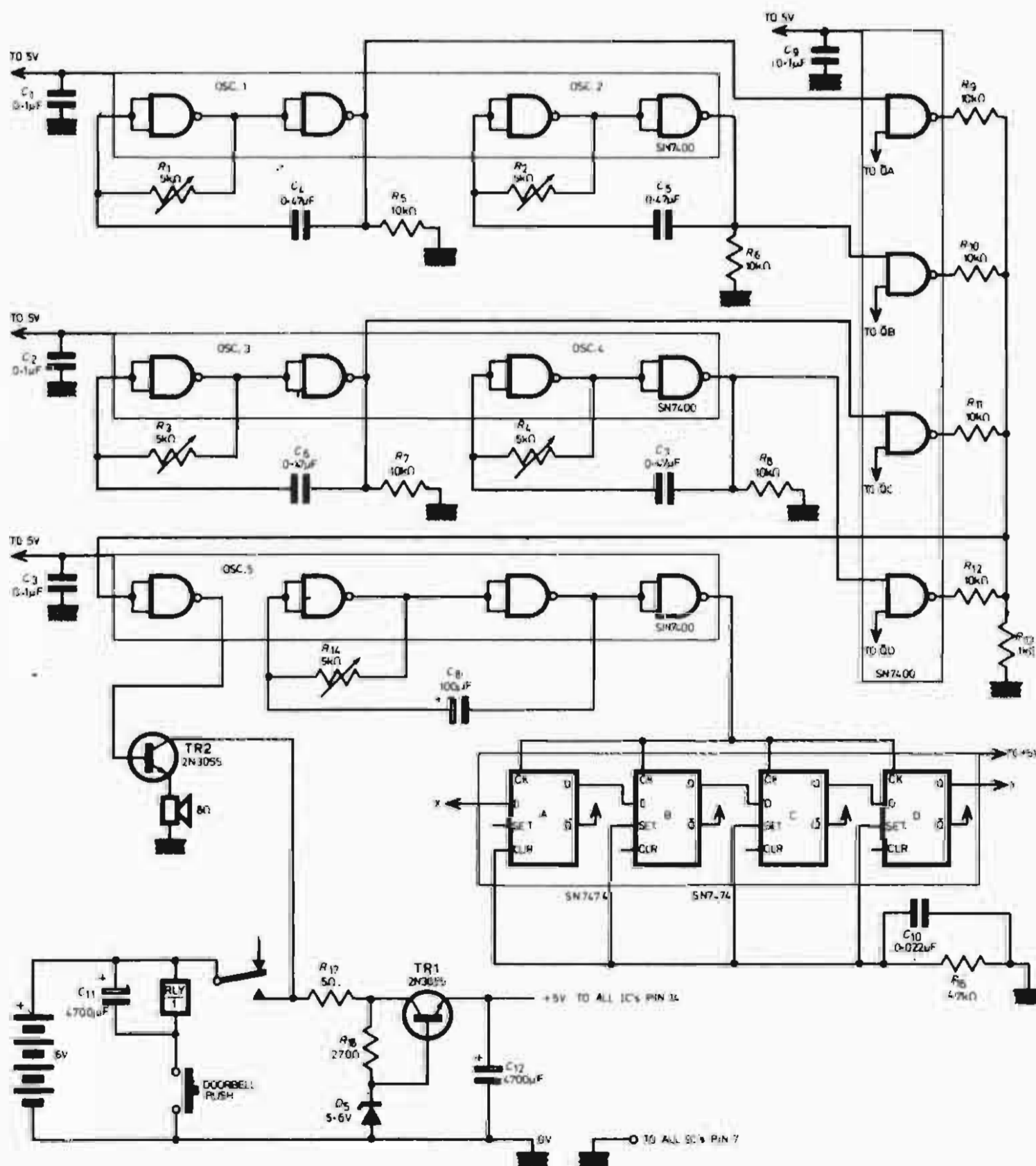
Un simile risultato, ai tempi non diciamo delle valvole ma anche dei transistori, avrebbe richiesto apparecchiature di ingombri elefantiaci e di costi favolosi. Oggi, con l'uso dell'elettronica integrata tutto questo diventa alla portata di tutti e di quasi tutte le tasche.

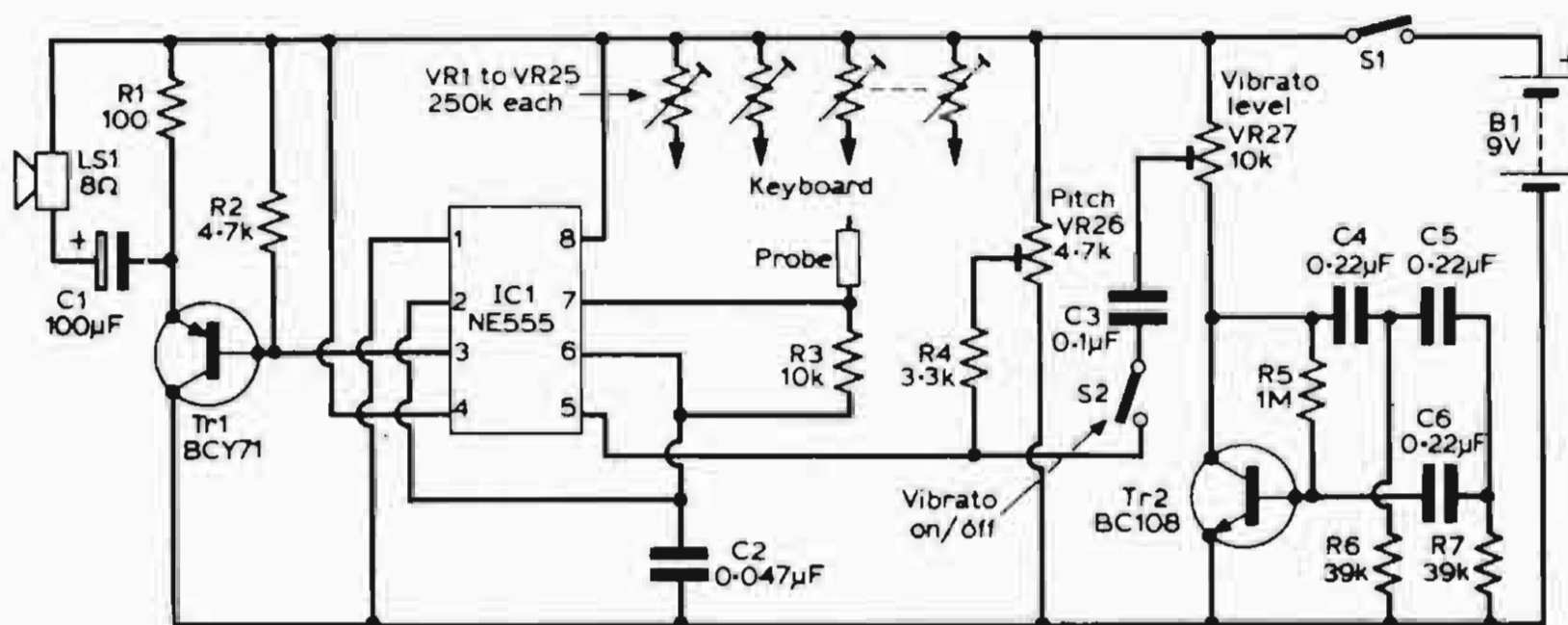
I vari suoni fondamentali sono generati come segue.

Il suono dei piatti si ottiene con un generatore di rumore bianco. Il rumore bianco è un insieme di tutte le frequenze udibili, in analogia alla luce bianca che è un insieme di tutti i colori. Il rumore bianco viene generato da un diodo, che nel nostro caso è la giunzione base-emettitore del transistore Tr6, polarizzato inversamente da una notevole tensione. Questo rumore viene passato attraverso

Schema elettrico di generatore di ritmi.

il condensatore C55 alla base del transistor Tr7 che funziona da amplificatore bloccato.

Il suono dei tamburi viene ottenuto, sia pure con nota diversa da tre oscillatori costruiti intorno ai transistori Tr8, Tr9 e Tr10.

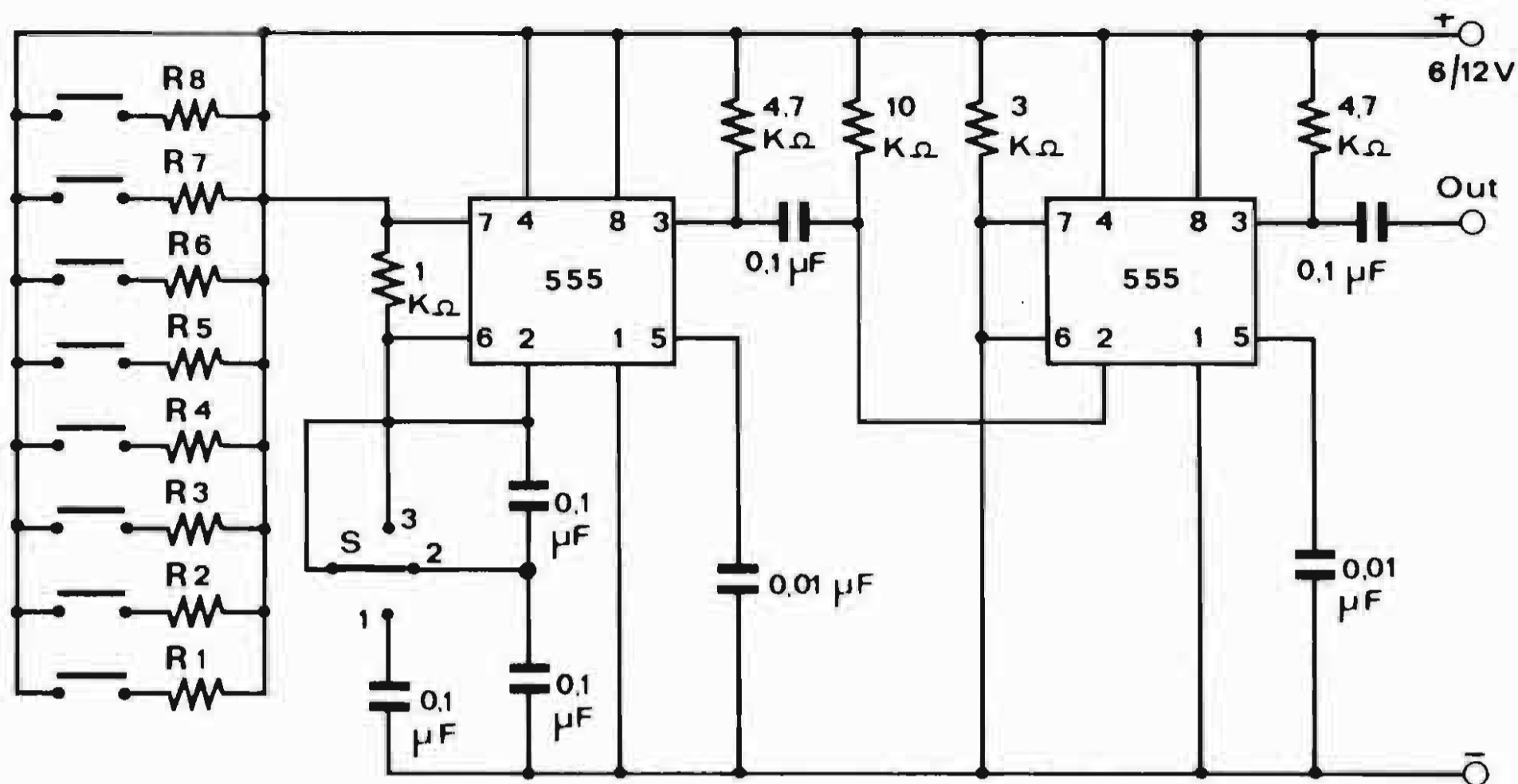
I potenziometri semifissi P4, P5 e P6 regolano la controreazione e quindi il livello d'innesco. Gli oscillatori funzionano con il normale sistema della reazione in base del segnale, che deve passare prima attraverso una rete di sfasamento di 180° formata dalle resistenze R130, R135 e dai condensatori C70, C95.

Per il suono delle campane, un favoloso din-don, ecco uno schema inglese PE con gli integrati SN 7400 e SN 7474. Esecuzione pratica molto semplice.

Si dispone di cinque suoni diversi, che corrispondono a cinque strumenti a percussione di pertinenza della batteria. I piatti, suonati con lo spazzolino metallico, il bass drum o grancassa, lo snare drum o tamburino a corde, il tenor drum o tamburino semplice ed i bells, con una sola nota.

Un organo monofonico di semplice realizzazione con l'integrato 555. Schema orginale inglese: con riferimento ad esso si noti la serie dei potenziometri da VR 1 a VR 25, ognuno da 250 KOhm tipo miniatura, un capo dei quali diventa terminale di tastiera (keyboard). Su questa un contatto (probe) per suonare. L'interruttore S 2 introduce l'effetto di vibrato.

L'apparecchio si trova sul mercato in scatola di montaggio. I componenti vanno montati con il corpo aderente alla superficie del circuito stampato, salvo i casi di montaggio verticale. Prima di essere inseriti nei rispettivi fori, i terminali dei componenti vanno piegati ove occorra, facendo attenzione a non danneggiare la sezione di attacco.

La saldatura deve essere fatta con un saldatore di potenza non eccessiva e con la maggior velocità possibile per non surriscaldare il componente, specie nel caso di semiconduttori. La saldatura deve essere lucida e ben diffusa sulla piazzola e sul terminale. Non usare pasta salda, in quanto sovente corrosiva e conduttrice. In caso di difficoltà, ravvivare con un temperino le superfici di contatto.

Dopo la saldatura, tagliare con un tronchesino i terminali sovrabbodanti ad un'altezza di un paio di millimetri dalla superficie delle piste di rame.

Alla fine di ogni fase di montaggio, eseguire un accurato controllo della corretta disposizione dei componenti, per eliminare la

Un organo ad ottave multiple con due integrati tipo 555. Per le resistenze che hanno valori « strani » utilizzare più resistori in serie (per es. R1 = 53 KOhm = 33 KOhm + 20 KOhm). Collegata l'uscita OUT ad un amplificatore si ottiene un suono molto melodioso. Con S si cambia l'ottava. I valori: R1 =53, R2 = 47, R3 = 42, R4 = 39, R5 = 34,5, R6 = 30, R7 = 27, R8 = 25,8 tutti in KOhm.

possibilità di un funzionamento difettoso dovuto ad errori di inserzione.

Non invertire mai la polarità della corrente di alimentazione. Controllare che non vi siano ponti di stagno tra le piste adiacenti, specie nella connessione dei circuiti integrati che hanno i piedini molto ravvicinati.

Il circuito, anche se di una certa complicazione, se è stato correttamente montato, deve funzionare appena collegato all'alimentazione. Naturalmente, per ottenere il miglior risultato, bisogna effettuare alcune regolazioni.

Dopo queste semplici operazioni, l'apparecchiatura è pronta a funzionare. Una interessante estensione delle possibilità di impiego, si può ottenere premendo contemporaneamente due o più tasti. Si ottengono in questo modo una varietà molto grande di nuovi interessantissimi ritmi. ■

INDICE